

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de**  
**INGENIEROS MECÁNICOS**

**TEMA:**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA REMOVER**  
**CASCARILLA EN GRANOS DE CACAO SECO PARA UNA PRODUCCIÓN**  
**DE 25 KG / H**

**AUTORES:**  
**JONATHAN ANDRES CELI ZAPATA**  
**JORDY ALEXANDER TINIZARAY PICO**

**TUTOR:**  
**PABLO MESÍAS ALMEIDA MOLINA**

**Quito, marzo del 2020**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Nosotros Jonathan Andres Celi Zapata y Jordy Alexander Tinizaray Pico , con documento de identificación N° 172225514-6 y N°172345442-5 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA REMOVER CASCARILLA EN GRANOS DE CACAO SECO PARA UNA PRODUCCIÓN DE 25 KG / H”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

---

Jonathan Andres Celi Zapata  
CI. 172225514-6

---

Jordy Alexander Tinizaray Pico  
CI. 172345442-5

Quito, marzo del 2020.

### **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA REMOVER CASCARILLA EN GRANOS DE CACAO SECO PARA UNA PRODUCCIÓN DE 25 KG / H” realizado por Jonathan Andres Celi Zapata y Jordy Alexander Tinizaray Pico, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo de 2020



Pablo Mesías Almeida Molina  
C.I.:170435951-0

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo primordialmente lo dedico a Dios por guiarme y alentarme durante cada paso hasta finalizarlo, a mis padres Fernando y Glenysis quienes son fuente de inspiración y ejemplo de mi diario vivir. Su apoyo incondicional y motivación constante son los que me impulsaron para cumplir esta meta. A mis hermanos Marcos y María que, con amor, admiran mis triunfos; a Elena cuya preocupación y afecto siempre estuvieron presentes; y, finalmente, a Jessenia quien con cariño me ha ayudado a cosechar grandes logros.

***Jonathan***

A mis padres Eugenio y Elba quienes han sido ejemplo de perseverancia y constancia, a su vez inspiración para cumplir esta meta. Ellos fueron pilares fundamentales en mi vida universitaria; a mis abuelos Amable y Lucrecia que son parte vital de mi ser, siempre me apoyaron en momentos difíciles; a mis hermanos Joel y Danny personas fabulosas en las cuales encuentro motivos suficientes para no desistir en esta y las próximas etapas de mi vida, a mis amigos que siempre están en los peores y los mejores momentos.

***Jordy***

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos un grato agradecimiento al Ingeniero Pablo Almeida quien a lo largo del proceso desempeñó el rol de tutor. Su importante labor, conocimiento y tiempo nos permitieron culminar esta etapa exitosamente. Sobre el camino, supo solventar con profesionalismo inquietudes, inconvenientes y dudas que se presentaron.

Además, agradecemos al Ingeniero Fernando Larco por la dedicación e importantes aportes para perfeccionar nuestro proyecto y solamente de esta manera diseñar una máquina eficiente.

Finalmente, mostramos nuestra gratificación al Ingeniero Víctor Cabrera y a la Física Sonia Guaño quienes nos mostraron su mano y prestaron especial atención en todo momento cuando requeríamos.

***Jonathan y Jordy***

## ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
GLOSARIO .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS TEÓRICOS .....	1
1.1.1    Reseña Histórica.....	1
1.1.2    Historia del cacao en Ecuador.....	4
1.1.3    Clasificación del cacao.....	5
1.1.4    Cacao en Ecuador.....	8
1.1.5    Procesado del Producto: Labores post cosecha.....	12
CAPÍTULO II .....	20
DISEÑO DE LA MÁQUINA .....	20
1.1.6    Parámetros de diseño.....	20
1.1.7    Alternativa 1: Descascarilladora de tambor .....	20
1.1.8    Alternativa 2: Descascarilladora de discos .....	22
1.1.9    Evaluación de alternativas.....	23
1.1.10   Diseño de la tolva.....	25
1.1.11   Selección del motor.....	34
1.1.12   Diseño del tambor .....	36
1.1.13   Selección del sistema de transmisión.....	44
1.1.14   Diseño del eje.....	51
1.1.15   Selección de rodamientos y chumaceras.....	75
1.1.16   Diseño estructural.....	76
1.1.17   Análisis de soldadura .....	84
1.1.18   Selección de pernos.....	85
1.1.19   Ventilador eléctrico .....	89

1.1.20	Conexión eléctrica.....	90
CAPÍTULO III .....		92
COSTOS .....		92
1.1.21	Costo de materiales .....	92
1.1.22	Costo de elementos normalizados .....	93
1.1.23	Tiempos de construcción.....	93
1.1.24	Costo de maquinado .....	94
1.1.25	Costo de mano de obra .....	95
1.1.26	Costo de diseño .....	95
1.1.27	Costos adicionales .....	96
1.1.28	Cálculo del Ingreso Anual.....	96
1.1.29	Cálculo del Egreso Anual .....	97
1.1.30	Depreciación .....	98
1.1.31	Flujo neto efectivo.....	98
1.1.32	Cálculo de VAN y TIR .....	99
1.1.33	Valor actual neto (VAN).....	99
1.1.34	Tasa interna de retorno (TIR).....	101
CONCLUSIONES .....		104
RECOMENDACIONES .....		106
REFERENCIAS .....		107
ANEXOS		

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol, fruto y semilla de Theobroma Cacao L.....	1
Figura 2: Centro del origen del cacao .....	3
Figura 3: Tipos de cacao tradicionales según su origen.....	6
Figura 4: Almendra de cacao criollo .....	6
Figura 5: Almendra de cacao forastero .....	7
Figura 6: Almendra de cacao trinitario .....	8
Figura 7: Mapa ecuatoriano del sabor.....	9
Figura 8: Producción nacional de cacao del año 2007 al 2017 .....	11
Figura 9: Etapas del procesamiento del cacao .....	12
Figura 10: Cosecha de almendras de cacao.....	12
Figura 11: Fermentación de almendras de cacao .....	13
Figura 12: Secado de almendras de cacao.....	14
Figura 13: Almendras de cacao limpio .....	15
Figura 14: Tostadora de cacao .....	17
Figura 15: Descascarillado de cacao .....	18
Figura 16: Mecanismo para descascarillado con tambor .....	20
Figura 17: Mecanismo para descascarillado con discos .....	22
Figura 18: Esquema de descascarilladora de cacao .....	25
Figura 19: Diseño de bandeja de alimentación .....	26
Figura 20: Dimensiones frecuentes de almendra de cacao pelada.....	28
Figura 21: Diagrama de cuerpo libre de la tolva.....	30
Figura 22: Carga aplicada sobre la sección de la tolva .....	31
Figura 23: Momento máximo sobre sección cargada de la tolva.....	32
Figura 24: Diseño del tambor.....	36
Figura 25: Bosquejo de volantes de sujeción para el tambor.....	44
Figura 26: Dos juegos de reducción de velocidad angular mediante poleas .....	45
Figura 27: Ángulos de contacto para transmisión de banda abierta.....	47
Figura 28: 2 Juegos de reducción mediante poleas .....	51
Figura 29: Eje principal.....	52
Figura 30: Diagrama de cuerpo libre del eje .....	55
Figura 31: Reacciones y momentos en el eje .....	55
Figura 32: Diagrama de fuerzas cortantes en el eje principal .....	60
Figura 33: Diagrama de momento flector en el eje principal.....	64



Figura 34: Análisis de elementos finitos sobre el eje, desplazamiento máximo.....	74
Figura 35: Resumen de resultados .....	75
Figura 36: Bosquejo de estructura.....	76
Figura 37: Diagrama de cuerpo libre del perfil estructural .....	78
Figura 38: Diagrama de fuerza cortante del perfil estructural .....	79
Figura 39: Diagrama de momento flector del perfil estructural.....	79
Figura 40: Diagrama de perfil cuadrado .....	81
Figura 41: Análisis de elementos finitos sobre la estructura, esfuerzo de Von Mises	83
Figura 42: Análisis de elementos finitos sobre la estructura, desplazamiento máximo .....	84
Figura 43: Dimensiones principales para un perno de unión.....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie, producción y rendimientos provinciales durante el año 2017 ...	11
Tabla 2. Evaluación de alternativas .....	24
Tabla 3. Dimensiones de tolva .....	26
Tabla 4: Datos de granos de cacao .....	27
Tabla 5. Costo de Materiales.....	92
Tabla 6. Costos de Elementos Normalizados.....	93
Tabla 7. Tiempo de Construcción .....	94
Tabla 8. Costo de Maquinado .....	94
Tabla 9. Costo de Mano de Obra .....	95
Tabla 10. Costo total de la máquina.....	96
Tabla 11. Ingreso Anual.....	97
Tabla 12. Egreso Anual.....	97
Tabla 13: Flujo neto de efectivo anual .....	99
Tabla 14. VAN para un lapso de 10 años.....	100
Tabla 15. Flujo acumulado por año .....	102

## GLOSARIO

**Tolva:** También llamada bandeja de alimentación, se emplea para la canalización y/o depósito de materiales. Existen distintas formas y estructuras [1].

**Eje:** Tienen el fin de transferir movimiento y par de torsión rotatorios de un sitio a otro [2].

**Rodillos:** Es un cilindro con un diámetro relativamente ancho que giran para transportar o prensar piezas [3].

**Discos:** Elementos estriados que mediante su giro dinamizan o generan fricción con otros elementos de acuerdo a la aplicación requerida [4].

**Tornillo sin-fin:** Tornillo dentado que transporta material a lo largo de un canal o conducto [5].

**Tamizador:** Ideal para realizar separaciones granulométricas de producto tanto para líquidos como para sólidos [6].

**Polea:** Dispositivo mecánico compuesto por un volante que rueda guiada por un eje y un canal que asedia su contorno, por la que pasa una banda, cadena o cable. Su objetivo es facilitar la transmisión del movimiento [7].

**Chumacera:** Elemento de metal con una muesca en la que reposa y gira un eje de maquinaria [8].

**Vida útil:** Es la duración estimada que un material puede tener, efectuando adecuadamente la función para el cual ha sido diseñado. Estas se calculan por horas de duración [1].

**Nib de cacao:** Semilla fermentada, secada y extraída de la mazorca del cacao de la cual se desenvainan sólidos y se extrae manteca [9].

## **RESUMEN**

El actual escrito presenta el diseño mecánico y la construcción de una máquina para desprender cascarilla en granos de cacao seco con la finalidad de aumentar la productividad en el sector agrícola y brindar una guía a artesanos involucrados.

El capítulo inicial desarrolla un estudio teórico que expone los detalles del cacao requeridos para el diseño de la máquina, tales como: proveniencia, tipos de cacao, características físicas, composición y procesos de transformación.

El segundo capítulo presenta alternativas de diseño de máquinas en la industria cacaotera ecuatoriana. A través de una evaluación de parámetros de funcionamiento y operación tales como seguridad para el operario, costos de construcción accesibles, fácil manipulación y ahorro de tiempo durante la marcha, se elige un modelo que cumpla con los requisitos de este proyecto.

También, toman lugar formulaciones y cálculos aplicados para la fase de diseño de los elementos a construirse o adquirir para el ensamblaje.

Se explican los sistemas que comprenden la descascarilladora de cacao que son: sistema de alimentación, motriz, sistema de descascarado, sistema de accionamiento y estructura; todos ellos siguiendo recomendaciones de proyectos similares que tratan la construcción de maquinaria agrícola para el descascarillado de frutos.

El tercer capítulo desarrolla un análisis de costos basados en catálogos y cotizaciones de empresas proveedoras de componentes mecánicos y elementos eléctricos implicados en la construcción, mano de obra y movilización dentro de la ciudad de Quito. Posteriormente se plantean conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de los resultados con el fin de que el presente proyecto pueda ser de ayuda para emprendimientos o trabajos posteriores.

Finalmente, se enlista la bibliografía consultada, referencias y anexos.

Palabras clave: descascarillado, cultivo, mazorca, cotiledón, vaina

## **ABSTRACT**

This paper presents the mechanical design and construction of a machine to remove husks in dry cocoa beans in order to increase productivity in the agricultural sector and provide guidance to artisans involved.

The initial chapter develops a theoretical study that exposes the details of the cocoa required for the design of the machine, such as: provenance, types of cocoa, physical characteristics, composition and transformation processes.

The second chapter presents machine design alternatives in the ecuadorian cocoa industry. Through an evaluation of operating parameters such as operator safety, accessible construction costs, easy handling and time saving during the march, a model that meets the requirements of this project is chosen.

Also, formulations and calculations applied for the design phase of the elements to be constructed or acquired for assembly take place.

The systems comprising the cocoa husk are explained which are: feed system, drive system, husking system, drive system and structure; all of them following recommendations of similar projects that deal with the construction of agricultural machinery for fruit peeling.

The third chapter develops a cost analysis based on catalogs and quotes from companies that provide mechanical elements and electrical materials involved in construction, labor and mobilization within the city of Quito.

Subsequently, conclusions and recommendations are drawn up based on the results so that the present project can be help for future undertakings or subsequent work.

Finally, the consulted bibliography, references and annexes are listed.

**Keywords:** husked, crop, cob, cotyledon, sheath

## INTRODUCCIÓN

Para el Ecuador el cacao es primordial por representar una fuente económica y social, además de poseer una calidad de fruto muy alta y poco usual actualmente los tipos de cacao cosechados ocupan el quinto puesto entre productos no petroleros exportados. Tal como A. Lopez Guerrero [10] lo detalla en el país se cultivan dos tipos de cacao: El “fino de aroma” o “Nacional” y el CCN-51, cacao ecuatoriano clonado más productivo que el Nacional.

Dentro de las empresas integrantes de la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao [11] los procesos técnicos para el procesado de dicho fruto son similares pero, a diferencia de las grandes industrias, los artesanos productores de chocolate en el Ecuador adquieren el cacao en grano seco y posteriormente realizan un proceso de tostado y descascarillado, en donde el descascarado se lo realiza de manera manual ya que supone ser un proceso económico pero ineficiente, causando fatiga laboral y una producción competitiva baja en el mercado.

El descascarillado es un método fundamental en la transformación del cacao; es por esto que el presente estudio apunta al esquema y construcción de una máquina para remover cascarilla, con la que se pretende elevar la producción de semillas de cacao seco separadas de su cáscara para evitar desperdicios y disminuir el esfuerzo físico de los artesanos.

Para su fabricación se toma en cuenta recomendaciones de la referencia [12], cuyo diseño de máquina tiene como función separar cáscara sobre más del 95% de las semillas dispuestas y antes tostadas, puntualizándolo como un proceso eficiente.

El diseño de un prototipo realizado por [13] muestra que para el pelado de semillas es usual sobredimensionar piezas y elementos en la máquina ya que la carga que se aplicará es baja y alejada de aquella que los cálculos arrojan. Además, recomienda trabajar con factores de seguridad similares sobre sus componentes para un ahorro económico.

Tomando en cuenta previos análisis, el presente escrito busca analizar un proyecto con la cual microempresas compuestas por productores campesinos modernicen sus procesos y releguen técnicas artesanales, incrementando su producción y por lo tanto aumentando en un porcentaje la economía local.

El objetivo general consiste en diseñar y construir una máquina para remover cascarilla en granos de cacao seco para una producción de  $25 \left[ \frac{kg}{h} \right]$ .

Los objetivos específicos son:

- Estudiar características transcendentales del pelado de almendras de cacao mediante información recopilada.
- Seleccionar el diseño más conveniente de descascarilladoras existentes en la industria.
- Diseñar los componentes de la máquina que cumplan con las características requeridas para el ensamble y funcionamiento.
- Realizar un estudio financiero que demuestre la viabilidad del proyecto.
- Realizar pruebas de funcionamiento acorde a las especificaciones analizadas y requisitos del proyecto.
- Elaborar los planos general y de detalle pertenecientes a cada componente de la máquina.

## CAPÍTULO I

### ASPECTOS TEÓRICOS

La semilla del cacao proviene del árbol cacaotero *Theobroma Cacao* L., vegetal integrante de la familia *Malvaceae*.



Figura 1: Árbol, fruto y semilla de *Theobroma Cacao* L

Tomado de: Tradición e innovación [11]

En griego, “*Theobroma*” significa “alimento de los dioses”.

Los frutos del árbol se encuentran envueltos dentro de una vaina con corteza áspera, como se puede apreciar en la Figura 1, la cual contiene semillas de color blanco o morado incrustadas en pulpa dulce en su interior.

El grano sólido de cacao es extraído de dicha vaina, su textura es alargada, ovalada, en ocasiones puntiaguda y angosta en la base, como [14] lo explica .

#### **1.1.1 Reseña Histórica**

La agricultura cacaotera se origina en América, E. Alejano *et.al* [15] expresan que el cultivo del cacao comenzó en México y América Central, exponen que los españoles no lo hallaron cultivado en América del Sur durante su llegada al continente, sino que fue encontrado creciendo naturalmente en bosques continuando las riveras Amazonas y Orinoco y sus convergentes, donde aún se presentan tipos genéticos de cacao.



Los gremios toltecas y aztecas de México valoraban el cacao desde antes del descubrimiento de América. Durante la conquista de aquel país por Hernán Cortés se halló el uso de los aztecas de almendras de cacao, no únicamente para la preparación de brebajes, sino también como recurso monetario. El valor de cien almendras de cacao era equivalente a un esclavo y diez almendras semejantes a un conejo.

Los aztecas fanatizaban al árbol del cacao pues lo consideraban de origen divino, creían que su bebida proveía de discreción y sabiduría. Es por eso que Linneo bautizó a la especie con el nombre de Theobroma, cuyo significado es alimento de los dioses.

La población maya poblaba las tierras dotadas de bosques húmedos tropicales al sureste del imperio azteca. Durante la conquista de Cristóbal Colón, los mayas fueron cultivadores de cacao; dominaron la curación y conservación de semillas y optaron por brebajes para alimento. Consumían la bebida en su dieta diaria y se traficaba el producto a los aztecas, quienes apreciaron sus cualidades.

Aproximadamente 20 años más tarde del descubrimiento y conquista del continente americano, los conquistadores españoles admiraron las grandes cantidades de cacao encontradas en los aposentos del emperador Moctezuma y de la gran popularidad que ganó la bebida compuesta de cacao en la corte. Por este motivo se estableció en Europa un dogma de relación entre el cacao y los aztecas.

La calidad del fruto originalmente ubicado por conquistadores españoles en México y posteriormente en Mesoamérica es uno de los motivos por los que ganó popularidad. Dicha zona es lugar de materiales criollos con más influencia sobre su agricultura pues fue la principal fuente de técnicas y productos naturales para el mejoramiento de la mayoría de las áreas donde existe producción de cacao de calidad [15].

El cacao es nativo de América del Sur, de la zona del alto Amazonas constituida por los países: Ecuador, Perú, Colombia, y Brasil (ver Figura 2) donde es ubicada una alta variabilidad [15].



Figura 2: Centro del origen del cacao

Tomado de : Marco General de la Diversidad Genética del Cacao [16]

Además de las regiones poseedoras de cacao que existían en las Américas a fines del siglo XV y que pueden considerarse las fuentes de la diversidad genética de la especie, se desarrollaron otras áreas. El germoplasma, establecido en esas áreas suplementarias, se derivaría de la transferencia intencional de material de propagación fuera de las regiones principales. La transferencia de cacao habría implicado pequeñas cantidades, como una sola fruta o unas pocas frutas y, en casos raros, de plantas. El resultado habría sido la creación de poblaciones que, al tener pequeños comienzos, se desarrollaron con una pequeña base genética. La más antigua de estas poblaciones secundarias fue la del litoral pacífico del Ecuador, que probablemente tuvo su origen en las variedades de cacao nativas de los flancos orientales de los Andes. Luego del descubrimiento del cacao en la cuenca del Amazonas y su explotación, el germoplasma fue llevado a otras áreas de Brasil. El primero fue el área de bosque tropical en el entonces "Capitanía" y más tarde el estado de Maranhão.

Se pretendió implantar cacao en zonas sobre la costa y es posible hallar siembras de cacao tanto en el sur como en el Trópico de Capricornio. Aun así, el área principal de cultivo se amplió en el estado de Bahía debido a los ingresos dentro de un periodo de 100 años desde 1746, año en el que se efectuó la primera plantación en Bahía [17]. Gracias al progreso de la actividad chocolatera en Europa la demanda de cacao se incrementó sobre Brasil y Ecuador, apresuradamente a través de los colonizadores

aconteció algo semejante en Ghana primeramente y en Camerún, Nigeria y Costa de Marfil luego.

El comercio mundial oferta granos de cacao en dos tipos: El “fino y de aroma” que constituye el 5% de la producción mundial y es producido en Ecuador, Colombia, Venezuela, Trinidad y Tobago, Papúa Nueva Guinea e Indonesia; y el “ordinario” que representa aproximadamente el 95% de la producción mundial y procede en su mayoría de América Central, América del Sur, África y Asia.

Los detalles de aroma y degustación del tipo “fino y de aroma” son apetecidos por involucrados en la producción de chocolates finos, es por ello el valor agregado a su precio base en el mercado mundial [18].

Por lo tanto *Theobroma cacao* L. es aborígen de la selva húmeda tropical de Sudamérica ubicado y laborado desde el nivel del mar alcanzando los mil dos cientos metros de altitud. Según su distribución geográfica, la zona más concentrada de cacao se ha encontrado entre los 10° de latitud norte y 10° de latitud sur de la línea ecuatorial, esparcida por el oeste africano, América Latina y sureste de Asia [19].

### **1.1.2 Historia del cacao en Ecuador**

Entre los años 1880 y 1920 el cacao se convirtió en el primer producto de exportaciones del Ecuador como lo relatan J. Paz y M. Cepeda [20].

Dicho período glorioso cacaotero fortificó la hacienda-plantación de cacao dentro de la costa ecuatoriana y especialmente en la cuenca del río Guayas.

La región de la sierra enfocó su producción en granos, cereales y ganado; a diferencia de la región costera cuya base productiva fue la exportación fundamentada en el desarrollo del cacao, por lo que se convirtió en el centro de recolección y un ejemplo agroexportador.

La costa tomaba lugar a través de la sembradura, el reclutamiento de obreros y la emancipación lo cual se tornó un motivo de la migración laboral desde la Sierra.

Durante el auge cacaotero, la producción progresó de manera consistente hasta exceder el 1 millón de quintales por año; Ecuador se posicionó como el principal productor mundial de cacao. Prosperaron tanto fincas cacaoteras como los varios negocios que convirtieron a Guayaquil la ciudad más económicamente eficiente y comercial del país.

Es por ello que el cacao ecuatoriano distribuyó su negocio chocolatero por Alemania, Suiza y Estados Unidos.

Por motivo de la alta rentabilidad del cacao, en Guayaquil fundadas vigorosas corporaciones con intereses accionarios compartidos. Se relacionaron con empresas capitalistas de servicios como transporte, iluminación, comunicación y seguros; Se instauraron bancos monetarios, locales comerciales y se instituyeron nuevas industrias de alimentos y bebidas.

A la par de la Revolución Juliana culminó la etapa de predominio del liberalismo ecuatoriano y por lo tanto actividades cacaoteras.

El proceso político abrió camino para un nuevo lapso político nacional, el Estado ecuatoriano intervino económica y socialmente lo que conllevó al país al histórico “siglo XX” [20].

### **1.1.3 Clasificación del cacao**

El cacao (*Theobroma cacao*, L.), es una variedad de la familia Malvaceae la cual es constituida por más de 22 especies. La clasificación tradicional, presentada por la Figura 3, exhibe básicamente tres genealogías de cultivares de las cuales se desprenden las variedades, híbridos y clones que hoy son sembradas a nivel mundial: criollos, forasteros y trinitarios [21].



Figura 3: Tipos de cacao tradicionales según su origen

Tomado de: Manual técnico del cultivo de Cacao [21]

### ***1.1.3.1 Cacao criollo***

El término “criollo” puede haberse originado en Trinidad para distinguir la variedad que se había cultivado exclusivamente allí de la variedad introducida desde la Cuenca del Amazonas en 1757.

Por lo tanto es empleado para distinguir los tipos de cacao que existieron, o existen, en una ubicación geográfica o región determinada de las variedades que se han introducido desde otras regiones [22].



Figura 4: Almendra de cacao criollo

Tomado de: Selección de semilla y establecimiento de vivero para cacao [23]

Los cacaos “criollos” son originados en el norte de Sudamérica y Centro América, nacieron luego del esparcimiento a través de Venezuela, pasando a Colombia, extendiéndose hacia Ecuador y al norte hasta América Central y México. Se posicionaron principales en el mercado internacional hasta mediados del siglo XVIII. Se identifican por mantener un sabor suave y aromático. Actualmente se localizan principalmente en Venezuela, América Central, Las Antillas del Caribe, Sri Lanka, Timor Oriental, Papua Nueva Guinea y Java [21].

La división de criollo modela árboles delgados cuyos frutos son protegidos típicamente por una cubierta fina y pigmentación rojiza, sus cotiledones usualmente de apariencia verdosa plasmada en la Figura 4.

Los cacaos criollos manifiestan signos de depresión endogámica y, asiduamente, mayor propensión a plagas y más bajos rendimientos [24].

#### ***1.1.3.2 Cacao forastero***



Figura 5: Almendra de cacao forastero

Tomado de: Selección de semilla y establecimiento de vivero para cacao [23]

Se denominó "forastero" a toda clase que no fuera identificada "criolla". De esta manera, se usó 'forastero' para cubrir toda la variabilidad que existía en la cuenca del Amazonas. Como será evidente a partir de las descripciones de las variedades de cacao autóctonas de la cuenca del Amazonas, ningún término puede abarcar todas las diversas formas que ocurren. Aunque forastero sería un término adecuado para aplicar en genotipos de la región en países fuera de la región amazónica, es inaceptable que la palabra se aplique a variedades que serían nativas (y, por lo tanto, criollas) a la región [22].

Los cacaos del tipo "forastero" resultarían de la propagación hacia la zona baja del Amazonas, alcanzado la parte norte de Brasil y las Guyanas. En el presente encabezan la producción y el comercio mundial de granos y son producidos en África, Asia, América y Oceanía [21].

La referencia [24] explica que su fruto es verde con una cubierta gruesa pericarpo, un mesocarpo vigorosamente lignificado y semillas elípticas levemente aplanadas de coloración violeta (ver Figura 5).

### 1.1.3.3 Cacao trinitario



Figura 6: Almendra de cacao trinitario

Tomado de: Selección de semilla y establecimiento de vivero para cacao [23]

El término "trinitario" vino a designar los diversos elementos de las poblaciones de Trinidad, que no podrían identificarse como criollas o cualquier tipo reconocible como de origen amazónico. En otras palabras, el término cubre todos los productos de hibridación y recombinación a través de varias generaciones [22].

Los cacaos trinitarios son tipos concebidos por el hibridismo de forasteros y criollos. Se originan en Trinidad y Tobago y se sospecha que la mezcla fue el resultado de un cruce repentino y natural de origen antrópico. Hoy se cultiva en América y en algunos países de África: Trinidad y Tobago, Venezuela, Ecuador, México, Centro América, Camerún, Samoa, Sri Lanka, Java y Papúa Nueva Guinea, y supone aproximadamente el 15% de la producción mundial [21].

Son heterogéneos genéticamente y, morfológicamente, muy polimorfos, haciendo posible su delimitación mediante cualidades comunes. Sus plantas son muy robustas cuyos frutos verdes o pigmentados poseen semillas que varían de violeta claro a oscuro como se observa en la Figura 6 [24].

### 1.1.4 Cacao en Ecuador

La ubicación cacaotera en el Ecuador yace en las llanuras de la Costa y de la Amazonía que inicia desde las Cordilleras Occidental y Oriental de los Andes hasta el Océano Pacífico en toda su extensión. En la época colonial, *Theobroma Cacao* se propagó principalmente en 4 zonas ecológicas en las que se variaba de acuerdo a su sabor:

- Zona Arriba: Continúa la cuenca baja del río Guayas, principalmente las actuales provincias de Los Ríos y Guayas.

- Zona de Manabí: Su cacao denominado Bahía, consta en la zona húmeda de la provincia de Manabí.
- Zona de Naranjal: En el sur, es un área reducida de la provincia del Guayas y El Oro.
- Zona de Esmeraldas: Su cacao acriollado muy especial dentro de Esmeraldas.

Las provincias ecuatorianas consideradas por [18] las principales productoras de cacao son: Los Ríos (35%), Guayas (25%), Manabí (14%), Esmeraldas (8%), El Oro (5%), Pichincha (4%) y Bolívar y Cotopaxi (3%).

Hoy por hoy, la zona geográfica donde se cultiva y produce cacao se muestra de color café en el “Mapa ecuatoriano del sabor” (ver Figura 7) y los puntos rojos se ubican sobre las zonas donde se produce cacao arriba en el siguiente mapa elaborado en el año 2007 para notar la repartición del cacao a nivel nacional.

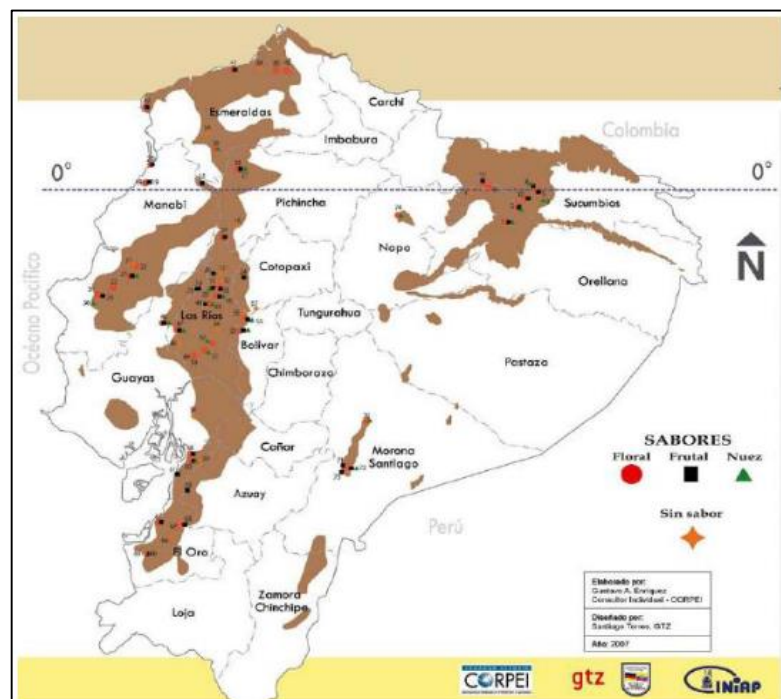


Figura 7: Mapa ecuatoriano del sabor  
Tomado de: Cacao Fino y de Aroma del Ecuador [18]

#### 1.1.4.1 Variedades de cacao ecuatoriano

En el Ecuador se engendran dos variedades de cacao: el cacao arriba o nacional y el cacao ordinario o común.



**a. Cacao ordinario:** Denominado híbrido CCN51, su mazorca es de color rojo e inviste altos rendimientos.

Es producido en plantaciones a gran escala. Las procesadoras de chocolate y las fábricas de cacao del país lo prefieren pues tiene un alto contenido de grasa y no tiene dificultad al moldearse.

**b. Cacao arriba:** Sus mazorcas son amelonadas y el color interno de sus almendras es violeta pálido o lila.

Es de bajo cultivo por lo que está limitado a plantaciones pequeñas y medianas. De esta variedad se obtienen los chocolates más populares del mundo por su aroma floral y sabor.

Según la Organización Internacional del Cacao [18] se clasifica de acuerdo a los siguientes parámetros de calidad:

- ASE: Arriba Superior Época (51% mínimo fermentado, 25% máximo violeta, 18% máximo pizarroso, 6% máximo defectuoso)
- ASN: Arriba Superior Navidad (52% mínimo fermentado, 25% máximo violeta, 18% máximo pizarroso, 5% máximo defectuoso)
- ASS: Arriba Superior Selecto (65% mínimo fermentado, 20% máximo violeta, 12% máximo pizarroso, 3% máximo defectuoso)
- ASSPS: Arriba Superior Summer Plantación Selecta (85% mínimo fermentado, 10% máximo violeta, 5% máximo pizarroso, 0% máximo defectuoso)
- ASSS: Arriba Superior Summer Selecto”

#### ***1.1.4.2 En la actualidad***

Un análisis presentado por [25] demuestra que la provincia más productora de cacao dentro del Ecuador es Los Ríos con el 26% del total de producción nacional y con un rendimiento de  $0.73 \left[ \frac{\text{ton}}{\text{ha}} \right]$  como lo denota la Tabla 1.

Tabla 1. Superficie, producción y rendimientos provinciales durante el año 2017

Provincia	Superficie [ha]	Producción [ton]	Rendimiento [ $\frac{ton}{ha}$ ]
Total nacional	573.516	373.639	0.65
Los Ríos	131.686	95.815	0.73
Manabí	124.874	60.08	0.48
Guayas	96.423	93.683	0.97
Esmeraldas	73.523	36.826	0.5
Otros	147.01	87.234	0.59

Tomado de: Boletín Situacional [25]

Un incremento anual referido a la producción de cacao a nivel nacional lo muestra la referencia [25] en la Figura 8.

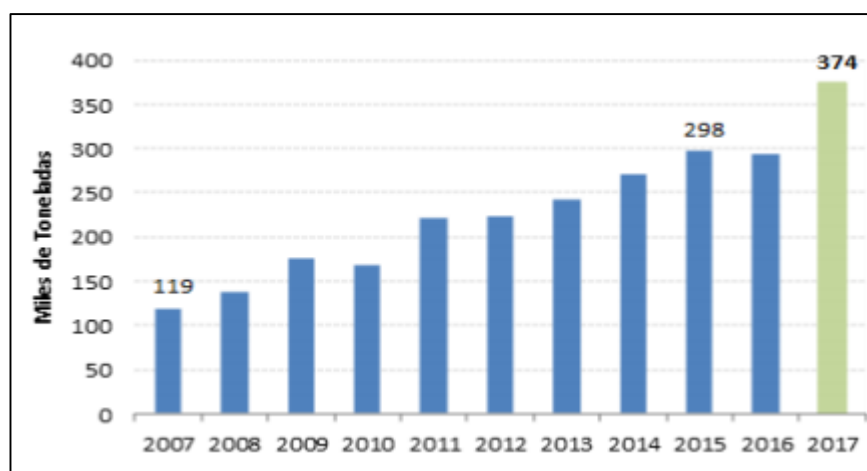


Figura 8: Producción nacional de cacao del año 2007 al 2017

Tomado de: Boletín Situacional [25]

La Asociación Nacional de Exportadores de Cacao [11] enlista a los principales socios industriales de cacao, entre ellos:

- AGROLAVA S.A.
- Agroexport S.A.
- COFINA S.A.

- CONFITECA C.A
- NESTLÉ ECUADOR S.A.
- MANACAO S.A.
- UNIVERSAL SWEETS INDUSTRIES S.A., etc.

### 1.1.5 Procesado del Producto: Labores post cosecha

Lérido B. [15] denomina actividades post-cosecha a la fermentación, lavado, secado, limpieza, tostado, descascarado y almacenamiento del cacao desde el lugar de cosecha a las salas de almacenamiento de producto final (ver Figura 9).

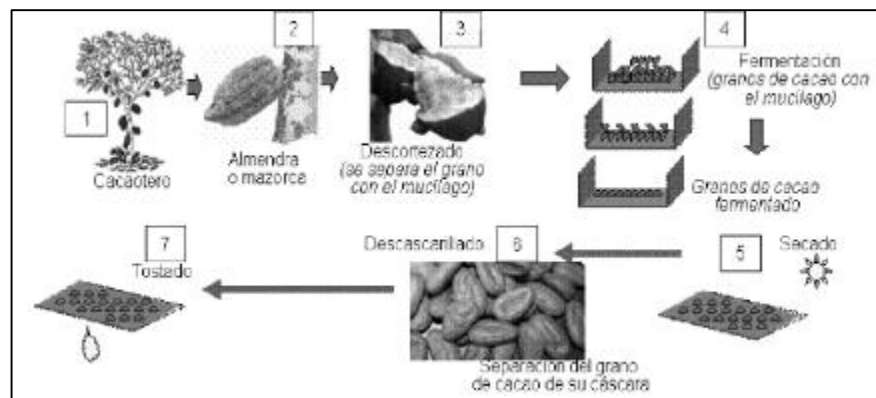


Figura 9: Etapas del procesamiento del cacao

Tomado de: Historias, Saberes y Sabores en torno al cacao (*Theobroma cacao* L.) en la subregión de Barlovento [9]

#### 1.1.5.1 Cosecha



Figura 10: Cosecha de almendras de cacao

Tomado de: Manual técnico del cultivo de Cacao, Buenas prácticas para América Latina [21]

La Figura 10 muestra la extracción de los frutos de cacao realizada una vez que han alcanzado la etapa de madurez, se caracteriza por un cambio en su aspecto de tonalidad rojizo o verde a un anaranjado o amarillo notable y es cosechado en el mismo campo donde se extrae la pulpa y las semillas, las cuales son trasladadas en bolsas de plástico para su fermentación y procesado.

#### ***1.1.5.2 Fermentación***



Figura 11: Fermentación de almendras de cacao

Tomado de: Manual técnico del cultivo de Cacao, Buenas prácticas para América Latina [21]

Es el proceso mediante el cual se brinda calidad propia al cacao; las semillas se limpian, se da una buena apariencia a las almendras eliminando su pulpa blanca, estimula los promovedores del aroma y produce el brote de compuestos que le brindarán una contextura marrón al grano disminuyendo también su amargor y astringencia. Sobre los cacaos criollos dura 72 horas aproximadamente y para otras variedades demora entre 5 a 7 días (ver Figura 11) [9].

El aumento de la temperatura y los ácidos difundidos al interior del grano son factores esenciales ya que inducen la muerte del embrión, lo cual es necesario para la formación de compuestos aromáticos dentro del grano durante el secado [26].

Existen algunas técnicas para la fermentación, entre los más comunes se encuentran: la fermentación en montones, en sacos, en cajas y tambores rotatorios.

Sánchez V. [27] describe el método de sacos o montones como la acumulación de almendras de cacao sobre una mesa de madera ó así mismo sobre hojas de plátano o bijao, ocasionando que el jugo extraído del mucílago se escurra fácilmente. El montón debe ser cubierto con hojas de plátano para que se genere calor.

El proceso de cajas explicado por Preciado O., *et al* [28] trata de cajones constituidos de tablas de maderas invulnerables a la humedad, como lo son: el cedro o el nogal, y otras de maderas blandas que escaseen de resinas y no segreguen sustancias que interferirían en la calidad final del chocolate. Como protección de las cajas se utilizan hojas de plátano o bijao, o a su vez sacos de yute para que se genere calor.

La fermentación en tambores rotatorios se da en cilindros de madera en posición horizontal sobre un eje central, completamente cerrados, los cuales permiten airear la masa mediante el accionamiento de una manivela; la fermentación en saco consiste en introducir la masa dentro de costales de polipropileno o de yute de 5 a 7 días, por lo cual no existiría aireación en la masa [29].

#### ***1.1.5.3 Lavado***

Al finalizar la fermentación los granos son lavados para limpiarlos de partículas de pulpa. Los tipos de cacao más rústicos normalmente no requieren de lavado, puesto que la fermentación prolongada desintegra completamente la pulpa. Los cacaos de tipo criollo no son lavados. Sobre las variedades forasteras el lavado tiene cierta influencia sobre su aroma. Actualmente este proceso es omitido y se transfieren los granos directamente del proceso de fermentación a las secadoras [30].

#### ***1.1.5.4 Secado***



Figura 12: Secado de almendras de cacao

Tomado de: Manual técnico del cultivo de Cacao, Buenas prácticas para América Latina [21]

Es usado para subyugar su porcentaje humedad, descartar provocaciones de hongos y cerciorar su conservación al momento de ser almacenados y movilizados.

En este proceso, en almendras con más del 55 %, la Figura 12 demuestra cómo se logra obtener granos con un 6 - 8 % de humedad. Durante este tiempo se producen cambios en su color, siendo típica la coloración marrón en el cacao fermentado y secado debidamente [30].

Si, al contrario, esta etapa no se completa y los valores de humedad sobrepasan el 8 %, se abre paso a la aparición de mohos, además, se genera acidez en las almendras y no se alcanzan las propiedades del aroma y sabor [139].

Existen varios métodos de secado siendo el natural el más común, beneficiándose por la temperatura del sol y consiguiéndose almendras con un alto aroma; o un secado forzado mediante el uso de estufas o secadoras mecánicas que producen un flujo de corriente de aire caliente y seco por los bultos de cacao [30].

#### ***1.1.5.5 Limpieza***



Figura 13: Almendras de cacao limpio  
Tomado de: CACAO, Operaciones Poscosecha [14]

Las almendras de cacao deshidratadas contienen residuos de agentes externos tales como tierra, cáscaras propias de las semillas, almendras deterioradas y otras, por lo

que se requiere remover los restos contaminantes previo al procesado de productos semielaborados, lo que genera un grano de alta calidad como se observa en la Figura 13. Se hallan mecanismos de limpieza que son proporcionales a la cantidad de producto que se está trabajando, es por ello que existen manuales y automatizados.

La operación de limpieza se realiza por medio de mayas (cribas), las cuales poseen una vibración que provoca que estas partículas caigan a través de corrientes de aire, dichas partículas son eliminadas, y a la vez posee imanes que sacan aquellos metales como claros.

Una vez ejecutado el secado es aconsejable higienizar las semillas de contaminaciones para así tener resultados con mayor valor productivo. Por último el producto final se empacará y almacenará. Siguiendo las normas de calidad de la almendra de cacao planteadas por la Unión Europea, entidad que se toma como referencia para el comercio internacional del producto, la masa mínima aceptada del grano es de un gramo por unidad. Es por ello que es necesaria la selección apropiada de la semilla de cacao empleando zarandas fabricadas de mallas con medidas de perforación de  $1\text{ [cm}^2\text{]}$  que admita el flujo los granos más pequeños y la retención de los de mayor dimensión.

La clasificación de la almendra también elimina todo tipo de residuos como: placentas, pajilla, granos picados y granos dobles; desperfectos que no son admitidos en la comercialización del producto [31].

#### ***1.1.5.6 Tostado***



Figura 14: Tostadora de cacao

Tomado de: Diseño y construcción de una máquina para remover la cascarilla de granos de cacao [13]

Se refiere al proceso en el cual las temperaturas que alcanzan los granos de cacao se elevan para dar paso a una serie de procesos químicos en su interior con el fin de garantizar propiedades aromáticas y de sabor convenientes. Un ejemplo claro del tostado de cacao se visualiza en la Figura 14.

Se halla una gran variedad de métodos para el tostado y valoración del sabor. Entre ellas:

- Hornos de bandeja estacionarios, como hornos de mesa y domésticos.
- Tostadoras de café de menor producción, rotatorias, convertidas, y hornos asadores.
- Hornos de cámara para laboratorios, sin aireación.
- Hornos de convección con ventilación forzada.
- Hornos de convección de alta eficiencia.

Los sistemas de calefacción utilizados en las distintas opciones para al tostado van desde elementos eléctricos hasta calefactores infrarrojos, con o sin control de ventilación, temperatura o tiempos. Como mínimo, hace falta alguna forma de controlar la temperatura o bien el tiempo de tostado.



Las condiciones de tostado deben ser verificadas buscando intensificar las propiedades aromáticas de los granos, combinando apropiadamente las condiciones de tiempo, temperatura y capacidad de carga para cada clase de cacao dependiendo del tostador usado.

Se sugiere emplear un horno de convección con bandejas para la siguiente combinación:

- Trinitario: 120°C por 25 min.
- Forastero: 120°C por 25 min.
- Criollo: 112°C por 25 min.

En el instante en el que la temperatura inferior alcanza los 2°C se empieza a cronometrar tiempos, dichos lapsos representan el tiempo de recuperación del horno.

#### ***1.1.5.7 Descascarillado***



Figura 15: Descascarillado de cacao

Tomado de: Cacao en Grano - Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao [32]

Chang J *et al.* [33] explica el procedimiento del descascarillado, su objetivo es el desprendimiento de las almendras con sus cascarillas (ver Figura 15) y también el de quitar humedad en el interior de las almendras.

Branch A. *Et al.* [32] sugiere efectuar el aventamiento de cáscaras luego de un lapso entre 20 y 60 minutos después de ser enfriados los granos tostados para impedir la integración del grano con sabores provenientes del entorno. Para ello, el área en la que los granos alcanzan la temperatura ambiente debe mantener un olor neutro.

Los mecanismos de pelado actuales cuentan con un sistema de ventilación cuyo caudal de aire puede ser modificado dependiendo del tamaño de cascarilla.

También se hallan mecanismos para el descascarillado y ventilación que no clasifican los granos por tamaño, estos disminuyen la eficacia del pelado y detallan bajos rendimientos de 62% hasta el 78% del grano descortezado crudo. Es substancial hacer caso a dicha sugerencia durante la determinación del tamaño de muestra requerido para el tostado, para disponer así el volumen adecuado para degustación.

Ya que el descascarado de granos muestra menos eficiencia en mecanismos de laboratorio, la cáscara restante sobre los granos ya trabajados (fragmentos minúsculos de cascarilla adheridos al nib pelado) debe retirarse con pinzas para eliminar cualquier contenido de cáscara. [32].

## CAPÍTULO II

### DISEÑO DE LA MÁQUINA

Para el esquema de la descascarilladora de cacao se seleccionan en base a cálculos, materiales, costos y disponibilidad en el mercado, los repuestos y accesorios para ensamblar una máquina que cumpla con las condiciones y requisitos propuestos para un adecuado funcionamiento. Además, se analizan sistemas implicados dentro del proceso de pelado con el fin de plasmarlo correctamente en la construcción.

Para el procesado necesario, a fin de obtener nibs sin cáscara, se consideran las alternativas de tipos de descascaradora más usuales en la industria del cacao.

#### 1.1.6 Parámetros de diseño

- Facilidad de construcción
- Funcionalidad
- Facilidad de operación
- Costos y facilidad de mantenimiento
- Seguridad
- Costos del equipo

#### 1.1.7 Alternativa 1: Descascarilladora de tambor

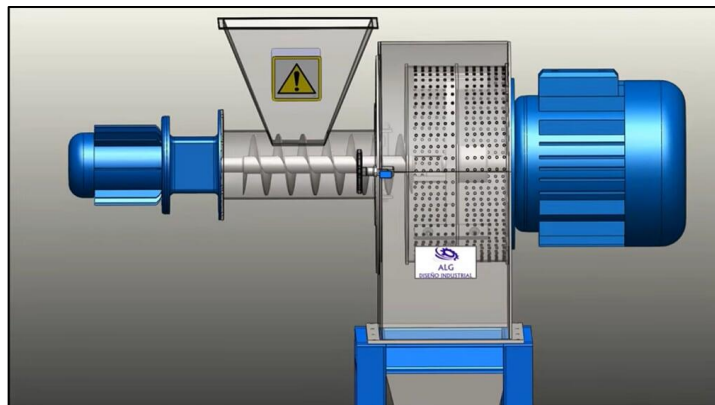


Figura 16: Mecanismo para descascarillado con tambor

Tomado de: Molino triturador [34]

Consiste de una máquina conformada por un tambor giratorio en donde la almendra de cacao, previamente tostada, es removida de su cáscara debido a la fricción con dicho elemento (ver Figura 16).

El sistema de eje – tambor reposan en chumaceras y se relaciona por un costado con un arreglo de poleas que transmiten el giro desde el motor reductor.

El rendimiento aproximado de una descascarilladora de tambor es del 85% ya que el mecanismo de pelado resulta eficiente si atiende a la recomendación de la referencia [12] que es trabajar con un motor con potencia mecánica de 0.5 [HP] mínimo.

Según la posición del tambor, velocidad de giro o tipo de separación de residuos se hallan variaciones de máquinas peladoras de este tipo dentro de la industria.

#### ***1.1.7.1 Ventajas***

- Fácil operación, no existe variación de movimientos del eje.
- Su tolva permite la entrada de grandes cantidades de materia prima, permitiendo así suministro continuo.
- Mayor producción, en menor tiempo.
- Fácil mantenimiento, su diseño no es complejo.
- Bajo costo de elementos.

#### ***1.1.7.2 Desventajas***

- Conformado por piezas de fundición, causa principal de su elevado peso tornándola en una máquina estacionaria.
- El sistema de transmisión por poleas y bandas conlleva pérdidas de potencia con respecto a la generada por el motor, disminuyendo así la eficiencia de la máquina.
- Quebrado de almendras de cacao, impidiendo la obtención de una similitud entre tamaños de granos pelados.
- Gran cantidad de desperdicios.
- Máquina ruidosa debido al motor y vibración en la estructura.

### 1.1.8 Alternativa 2: Descascarilladora de discos

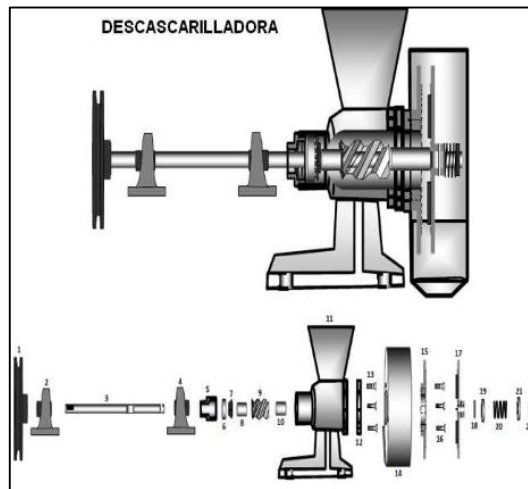


Figura 17: Mecanismo para descascarillado con discos

Tomado de: Diseño y construcción de una máquina para remover la cascarilla de granos de cacao para una producción de  $200 \left[ \frac{kg}{h} \right]$  [13]

El descascarillado cuenta con dos discos estriados, uno estático y otro dinámico, entre los cuales se ubican los cotiledones de cacao y gracias a la compresión provocada y la fricción son desprendidas de su cascarilla (ver Figura 17). La distancia entre discos se regula para el pelado de cualquier tamaño de grano.

Para el transporte de las almendras hacia los discos se ayuda de un tornillo sin fin bajo la tolva de alimentación, además de presionarlas contra el disco móvil.

Su sistema de transmisión usualmente se compone de piñones y cadenas dinamizadas por el eje del motor hasta el tornillo sin fin y a los discos, apoyado mediante dos chumaceras.

En esta máquina gran cantidad de granos sufre ruptura en su estructura debido a que los discos estriados giran a 500 rpm para su funcionamiento adecuado, por ello, es recomendado emplear un motor con potencia mecánica de 1 [HP] mínimo.

Su alta velocidad angular y la fricción generada producen mayor porcentaje de pérdidas en el producto final, debido a esto su rendimiento es del 60%.

#### **1.1.8.1 Ventajas**

- La distancia entre discos estriados varía según el tamaño del cotiledón lo que permite la alimentación con diferentes granos de cacao y mejora el producto final.
- No existe atascamiento de almendras en la entrada de la tolva ni al ser transportadas a lo largo del tornillo sin fin, por lo tanto, su producción es continua.
- Mantenimiento fácil y pronto debido a la simplicidad del diseño y escasos componentes.
- Fácil operación, puede ser manipulado por una persona sin necesidad de ayuda extra.

#### **1.1.8.2 Desventajas**

- La fabricación de sus componentes requiere de procesos de manufactura más complejos y por ende su valor económico de construcción es alto. Esta resulta una desventaja para productores pequeños o medianos.
- La velocidad angular [*rpm*] necesaria para la ruptura de los granos es alta, además de que el golpe del producto con el tornillo sin fin y los discos ocasiona la ruptura de los granos pelados.
- El uso progresivo de ella provoca un desgaste de componentes más pronto en comparación con la alternativa anterior, tal como en sus cuchillas o bandas.

#### **1.1.9 Evaluación de alternativas**

En la Tabla 2 se evalúan parámetros de diseño otorgándolos una valoración mediante la siguiente escala de criterios:

3= Criterio bueno

2= Criterio regular

1= Criterio malo

Tabla 2. Evaluación de alternativas

Alternativas	Parámetros de diseño						Puntaje de criterios	Porcentaje
	Facilidad de construcción	Funcionalidad	Rendimiento	Costos y facilidad de mantenimiento	Seguridad para el operario	Costos		
Sistema de transmisión								
Alternativa 1 (poleas)	2	2	2	3	3	3	15	83%
Alternativa 2 (piñones)	1	3	3	2	3	2	14	78%
Sistema de descascarado								
Alternativa 1 (tambor)	2	3	3	3	3	3	17	94%
Alternativa 2 (discos)	2	2	2	3	3	3	15	83%
Estructura								
Alternativa 1 (tambor)	2	3	3	3	3	3	17	95%
Alternativa 2 (discos)	1	3	3	2	3	1	13	73%
Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray								

#### 1.1.9.1 Resultados del análisis de selección de alternativas

Posterior a la evaluación de los parámetros de selección así como ventajas y desventajas de cada alternativa, se opta por el diseño de una descascarilladora de tambor.

La máquina escogida cumple con los requisitos que el presente proyecto demanda, si es diseñada para trabajar a bajas revoluciones evitará que la semilla de cacao sufra rupturas, mantiene componentes de bajo costo de adquisición y brinda seguridad para el operario.

El diseño de la máquina presenta un esquema de la descascarilladora de cacao con mecanismo de tambor en la Figura 18.

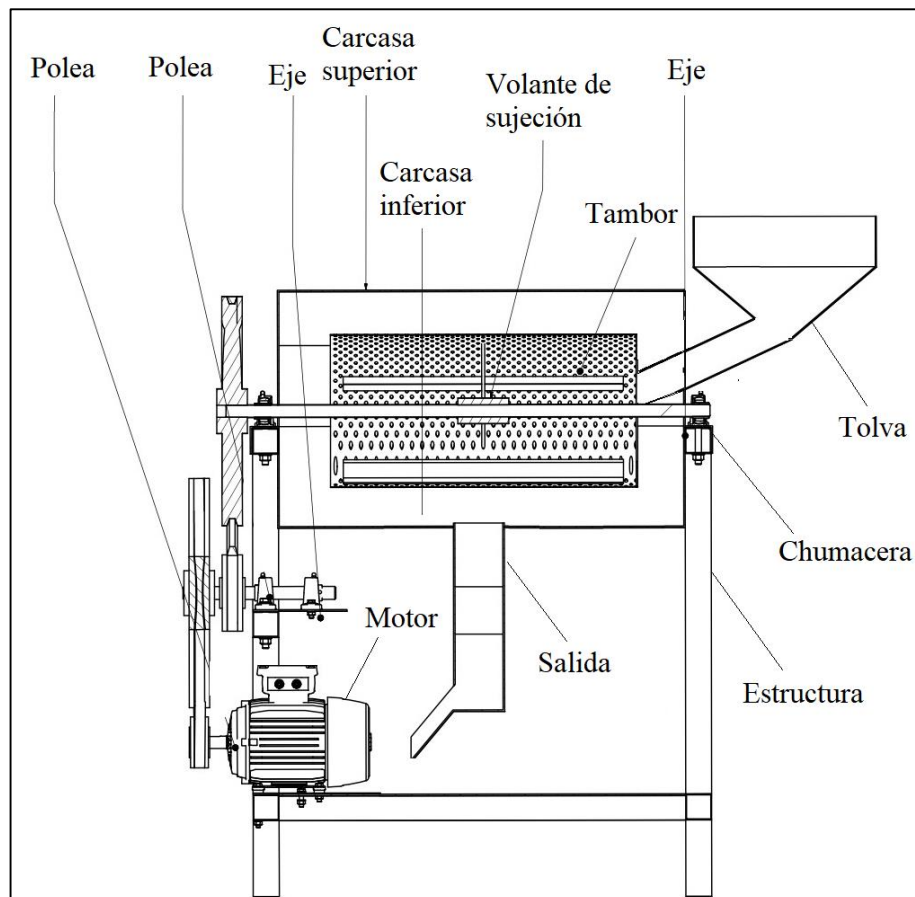


Figura 18: Esquema de descascarilladora de cacao

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

#### 1.1.10 Diseño de la tolva

La tolva es la bandeja de alimentación en donde se canalizarán o depositarán los granos de cacao previamente tostados, la Figura 19 presenta un posible diseño de la misma.



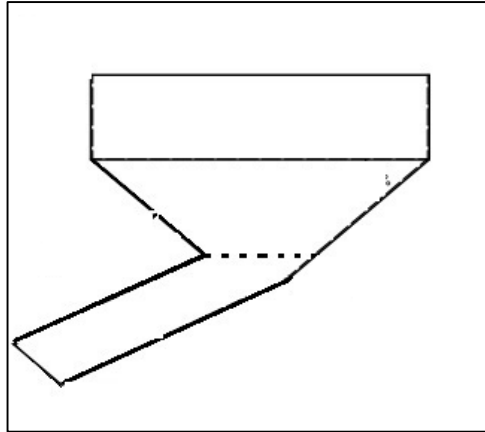


Figura 19: Diseño de bandeja de alimentación  
Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

#### 1.1.10.1 Volumen de la tolva

Se referenció en la geometría de un obelisco para el cálculo del volumen de la tolva.

$$V_{Tolva} = \frac{h}{6} [(2A + a)B + (2a + A)b] \quad (1)$$

Tabla 3. Dimensiones de tolva

A	a	B	b	h
0.4 [m]	0.07 [m]	0.35 [m]	0.07 [m]	0.35 [m]

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Donde:

$h$ : Altura de la tolva

$A$ : Ancho de la entrada

$B$ : Largo de la entrada

$a$ : Ancho de la salida

$b$ : Largo de la salida

$$\forall_{Tolva} = 0,0199 [m^3]$$

### 1.1.10.2 Cálculo de la masa del grano del cacao

Tabla 4: Datos de granos de cacao

Nº	Diámetro mayor $\phi_M [cm]$	Diámetro menor $\phi_m [cm]$	Masa [gramo]
1	3	1,5	2,1
2	2,9	1,7	1,8
3	3,2	1,6	1,9
4	3,1	1,8	2,2
5	2,8	1,7	2,1
6	3	1,9	2,1
7	2,6	1,6	2,5
8	3	1,8	1,9
9	2,8	1,8	2,3
10	2,7	1,7	2,1
Promedio	2,91	1,71	2,1

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Haciendo uso de un calibrador se obtienen dimensiones de diámetros mayor ( $\phi_M$ ) y menor ( $\phi_m$ ) de un grano de cacao típico mostradas en la Figura 2.

Su masa promedio se halla mediante una balanza de precisión como explica la Tabla 4.

Por lo tanto,  $\phi_M = 2.91 [cm]$  y  $\phi_m = 1.71 [cm]$ .

### 1.1.10.3 Volumen del grano del cacao

A continuación del análisis de las dimensiones del grano de cacao se obtiene el volumen del grano.

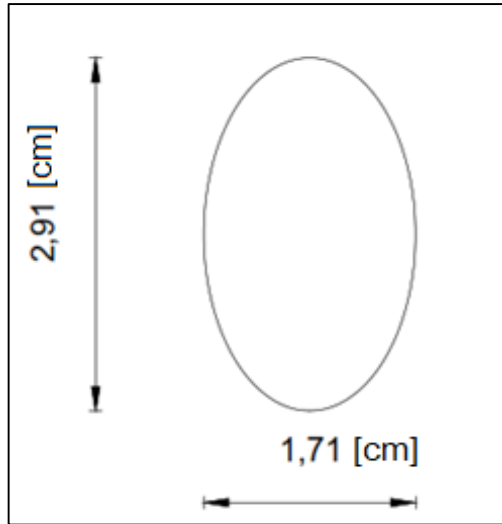


Figura 20: Dimensiones frecuentes de almendra de cacao pelada

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Es importante recalcar que la geometría del grano del cacao es un esferoide y el volumen se consigue a través de la ecuación (2) en la cual inciden los radios mayor y menor del grano.

$$V_{Grano} = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot \frac{\phi_M}{2} \cdot \left(\frac{\phi_m}{2}\right)^2 \quad (2)$$

$$V_{Grano} = 4.455 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

#### 1.1.10.4 Cantidad de granos de cacao que ingresan en la tolva

$$\#_{granos\ de\ cacao} = \frac{V_{Tolva}}{V_{Grano}} \quad (3)$$

Donde:

$$V_{Tolva} = 0,022 [m^3]$$

$$V_{Grano} = 4.455 \cdot 10^{-6} [m^3]$$

$$\#_{\text{granos de cacao}} = 4481.669 [\text{Unidades}]$$

#### 1.1.10.5 *Peso de granos de cacao*

La masa promedio de un grano de cacao es  $m_{\text{prom}}: 2.1[g] = 0.0021 [kg]$ , por lo tanto:

$$w_{\text{granos de cacao}} = (m_{\text{prom}} \cdot \#_{\text{granos de cacao}}) \cdot g \quad (4)$$

$$w_{\text{granos de cacao}} = 9.512 \text{ kg} \cdot 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$w_{\text{granos de cacao}} = 92.233 [N]$$

#### 1.1.10.6 *Carga que ingresa en la tolva*

El peso de granos de cacao total obtenido anteriormente facilita el cálculo de la fuerza que se aplicará sobre la tolva,

$$Q_{\text{Tolva}} = \frac{w_{\text{granos de cacao}}}{L_{\text{Tolva}}} \quad (5)$$

Donde:

$Q_{\text{Tolva}}$ : Carga aplicada sobre la tolva

$L_{\text{Tolva}}$ : Longitud de la sección de la tolva que soportará la carga = 0.53 [m]

$w_{\text{granos de cacao}}$ : Peso de granos de cacao que ingresan en la tolva = 92.233 [N]

$$Q_{\text{Tolva}} = 173.531 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

#### **1.1.10.7 Selección del material para la tolva**

Se considera que la función principal de la bandeja de alimentación es recolectar granos de cacao por lo que se utiliza una plancha de acero inoxidable AISI 304 con grado alimenticio, el cual por el mismo motivo se emplea para la fabricación de la carcasa.

Se toma una plancha de  $1220 \cdot 2440$  [mm] como materia prima para su construcción. Revisar el manual de acero Dipac (Anexo 2).

#### **1.1.10.8 Diseño geométrico de la tolva**

En el mercado las láminas de acero inoxidable se presentan en espesores de 0.4 hasta 10 [mm], a continuación se determina el espesor adecuado mediante un análisis de reacciones donde interviene el peso que soporta la tolva cargada con materia prima.

Una vez calculada la carga aplicada a la tolva se analiza el tipo de carga mediante el diagrama de cuerpo libre de la Figura 21, la cual demuestra una carga distribuida.

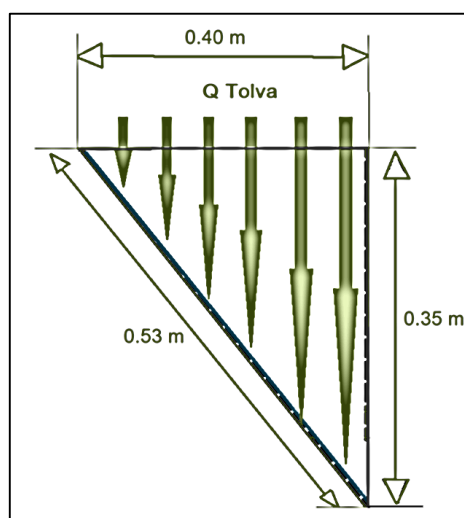


Figura 21: Diagrama de cuerpo libre de la tolva

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

La Figura 22 presenta la carga aplicada a la sección que soportará la carga de los granos de cacao. Se la toma como una viga empotrada en uno de sus extremos.

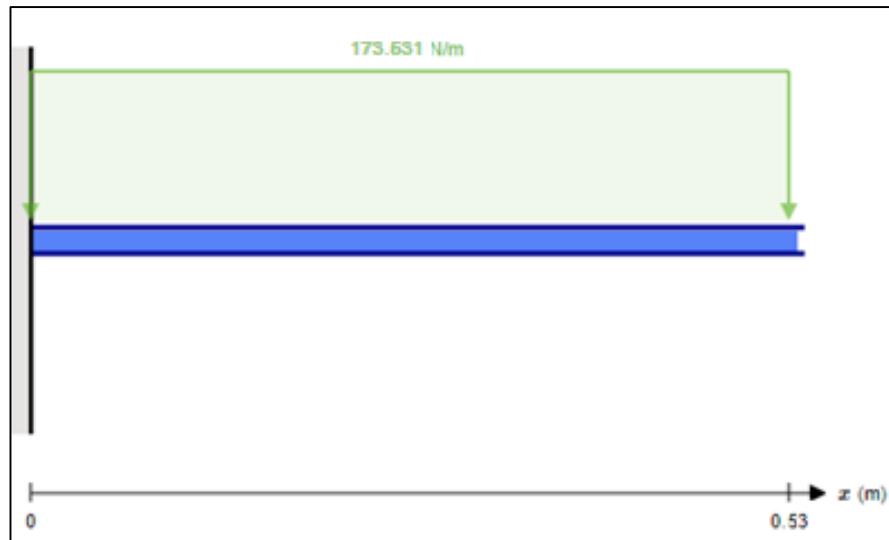


Figura 22: Carga aplicada sobre la sección de la tolva

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

El Anexo 7 establece la ecuación para hallar el momento máximo que genera una carga distribuida sobre un perfil empotrado en uno de sus costados.

$$M_{max} = \frac{Q_{Tolva} \cdot L_{Tolva}^2}{12} \quad (6)$$

Donde:

$Q_{Tolva}$ : Carga aplicada sobre la tolva =  $173.531 \left[ \frac{N}{m} \right]$

$L_{Tolva}$ : Longitud de la sección de la tolva que soportará la carga =  $0.53 [m]$

$$M_{max} = 4.085 [N \cdot m]$$

El análisis de carga provocado por los granos de cacao produce un momento máximo de  $4.085 [N \cdot m]$  y se comprueba con la Figura 23. Dicha situación correspondería a la tolva llena.

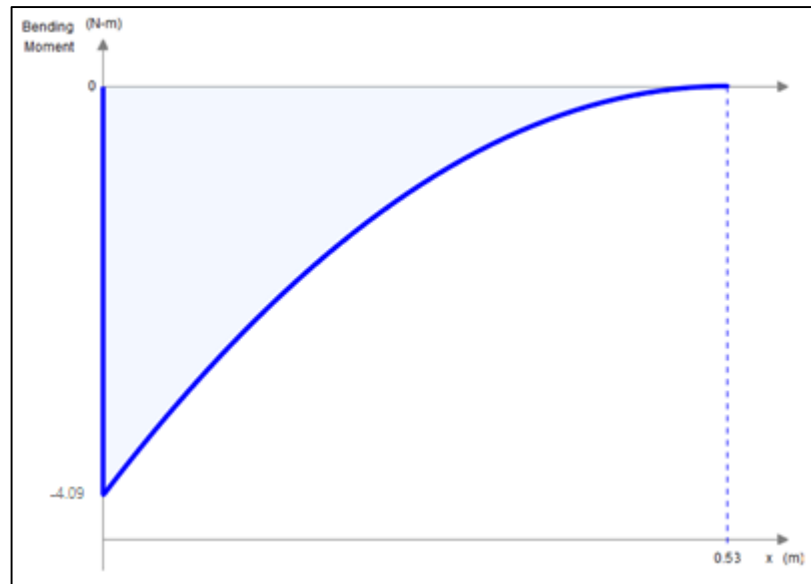


Figura 23: Momento máximo sobre sección cargada de la tolva

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Para descartar deformaciones permanentes cuando la carga sea retirada se utiliza un esfuerzo admisible que no debe superar al esfuerzo obtenido por cálculo.

El Anexo 2 presenta los límites de tensión para planchas conformadas de acero inoxidable AISI 304. Entonces:

$$S_y = 18 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right] = 175.8 \text{ [MPa]}$$

Por el Anexo 34 se opta por un factor de seguridad  $FS = 2$  ya que la tolva es un elemento estático que trabaja en un entorno aislado.

Mediante la ecuación (7) se determina el esfuerzo permisible del material.

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{S_y}{FS} \quad (7)$$

Donde:

$S_y$ : Esfuerzo de fluencia del AISI 304= 175.8 [MPa]

$FS$ : Factor de seguridad de diseño= 2

$$\sigma_{\text{perm}} = 87.9 \text{ [Mpa]}$$

En la ecuación (8) se tiene el módulo de sección.

$$S_x = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{perm}}} \quad (8)$$

Donde:

$M_{\text{max}}$ : Momento máximo aplicado a la tolva = 4.085 [N · m]

$S_x$ : Módulo de la sección

Remplazando los valores conocidos, el módulo de la sección es:

$$S_x = 4,648 \cdot 10^{-8} \text{ [m}^3\text{]}$$

De la ecuación de módulo de sección (9) se despeja el espesor de la tolva  $t$ .

$$S_x = \frac{s \cdot t^2}{6} \quad (9)$$

Donde:

$S_x$ : Módulo de la sección

$s$ : Ancho de salida de la tolva = 0,07[m]

$t$ : Espesor de la tolva [m]



$$t = \sqrt{\frac{S_x \cdot 6}{s}} = \sqrt{\frac{4,648 \cdot 10^{-8} [\text{m}^3] \cdot 6}{0,07 [\text{m}]}}$$

$$t = 1.995 \times 10^{-3} [\text{m}] = 1,995 [\text{mm}]$$

La selección de plancha es  $t = 2 [\text{mm}]$  de espesor, de esta manera se cerciora que la estructura de la tolva no se deforme y que a su vez no sea pesada.

Ya que la máquina peladora se diseñará para una capacidad de  $25 [\text{kg}]$  se establecen las dimensiones para la tolva que se puede apreciar en el Plano 006 del Anexo 48.

### 1.1.11 Selección del motor

#### 1.1.11.1 Cálculo del torque

$$T = w_{\text{granos de cacao}} \cdot r_{\text{ext tambor}} \quad (10)$$

Donde:

$T$ : Torque

$r_{\text{ext tambor}}$ : Radio exterior del tambor =  $0.15 [\text{m}]$

$w_{\text{granos de cacao}}$ : Peso granos de cacao =  $92.233 [\text{N}]$

Se obtiene:

$$T = 13.835 [\text{N} \cdot \text{m}]$$

#### 1.1.11.2 Cálculo de la potencia mecánica

$$P_M = T \cdot n \quad (11)$$

Donde:

$P_M$ : Potencia mecánica

$T$ : Torque = 13.835 [ $N \cdot m$ ]

$n$ : Velocidad angular recomendada para el descascarillado de cacao = 50 [ $rpm$ ] = 5,236 [ $\frac{rad}{s}$ ] (Anexo 3).

$$P_M = 72.439 [Watt]$$

La norma NEMA MG-1 (Anexo 20) especifica el factor de servicio ( $F_{Servicio}$ ) para generadores y motores que se asocia a cada velocidad y potencia, se toma un factor de servicio de 1,4 para un tipo de motor eléctrico con una potencia mayor a 0.083 [ $HP$ ] y para trabajo liviano.

$$P_{M_{corregida}} = P_M \cdot F_{Servicio} \quad (12)$$

Donde:

$$P_M = 72.439 [Watt]$$

$$F_{Servicio} = 1.4$$

$$P_{M_{corregida}} = 101.416 [Watt] = 0.136 [HP]$$

Una vez calculada la potencia corregida se opta por un motor eléctrico con potencia mecánica de  $\frac{1}{2}$  [ $HP$ ] (Anexo 4) ya que cumple con los requisitos de funcionamiento y con la recomendación mencionada para la construcción de la máquina.

### **1.1.11.3 Torque del motor seleccionado**

El par motor producido sobre el eje por el motor se halla mediante la ecuación 13 descrita por la referencia [35]:

$$T = \frac{P_{Mot}}{n} \quad (13)$$

Donde:

$T$ : Par motor  $[N \cdot m]$

$P_{Mot}$ : Potencia del motor  $= 0.5 [HP] = 275 \left[ \frac{lbf \cdot ft}{s} \right]$

$n$ : Velocidad angular recomendada para el descascarado de nibs  $= 50 [rpm] = 5.236 \left[ \frac{rad}{s} \right]$

$$T = 52.521 [lbf \cdot ft] = 71.209 [N \cdot m]$$

### 1.1.12 Diseño del tambor

Corresponde al diseño de una placa de acero inoxidable perforada con agujeros de un diámetro que permita la salida de la cáscara más no de los granos ( $D_{perforaciones} = 6 [mm]$ ).

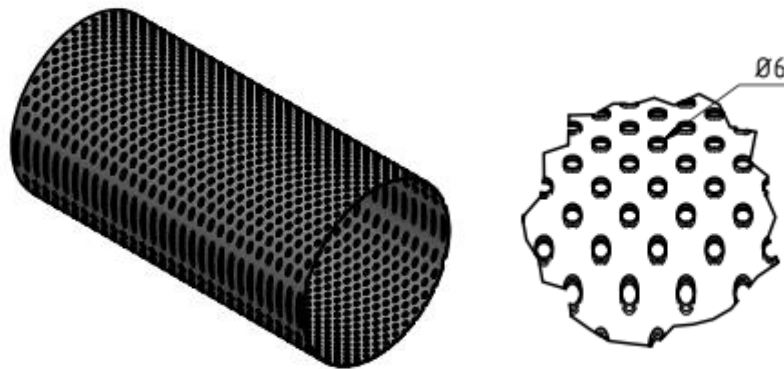


Figura 24: Diseño del tambor

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

El criterio para seleccionar datos del tambor está basado principalmente en adquirir materiales económicos existentes en el mercado.

Se requiere encontrar el radio del tambor para lo cual se hace uso de la ecuación (14) explicada por [36]:

$$r = \frac{T}{F} \quad (14)$$

Donde

$r$ : Radio de tambor

$T$ : Torque= 71.209 [N · m]

$F$ : Fuerza de despulpado recomendado= 40 [kgf] = 392 [N]- (Anexo 5)

El radio del tambor debe ser:

$$r = 0.15 \text{ m}$$

#### **1.1.12.1 Cálculo de la longitud del tambor**

El volumen de la cantidad de cacao seco dentro del tambor se halla con la ecuación (15). La masa de trabajo es la equivalente a la cantidad límite de semillas en la tolva para evitar su saturación durante el flujo a través de la salida con medidas 0.07 [m] · 0.07 [m].

$$V = \frac{m_{\text{Granos}}}{\rho_{\text{cacao}}} \quad (15)$$

Donde:

$V$ : Volumen de cacao seco dentro del tambor

$m_{\text{Granos}}$ : Masa de trabajo de cacao tostado (Tolva llena) = 10.7 [kg].

$\rho_{\text{cacao}}$ : Densidad del cacao seco= 635  $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$  (Anexo 6)

$$V = 0.0169 \text{ [m}^3\text{]}$$

Con el fin de avalar un ángulo de deslizamiento efectivo del producto dentro del tambor el cacao seco no debe superar el 40% de masa dentro del mismo. Por lo que continúa:

40%	-	0.0169 [m <sup>3</sup> ]
100%	-	x

Resolviendo la regla de tres se encuentra el valor de x que corresponde al volumen total del tambor.

$$x = V_{Total} = 0.042 [m^3]$$

El diámetro del cilindro interviene para determinar la longitud mediante la siguiente fórmula:

$$L_{Tambor} = \frac{V_{Total}}{\pi \cdot r_{Tambor}^2} \quad (16)$$

Donde:

$L_{Tambor}$ : Longitud del tambor

$r_{Tambor}$ : Radio del tambor= 0.15[ m]

Resolviendo se consigue:

$$L_{Tambor} = 0.60 [m]$$

Para calcular el espesor del tambor las magnitudes lineales y angulares son determinadas a través de ecuaciones presentadas por [37], se halla la aceleración angular con la que girará el tambor.

$$\alpha = \frac{n}{t} - n_o \quad (17)$$

Donde:

$n$ = Velocidad angular = 50 [rpm] = 5.236  $\left[\frac{rad}{s}\right]$  (Anexo 2)

$n_o$ : Velocidad angular inicial= 0

$t$ : Tiempo= 60 [s]

$$\alpha = 0.087 \left[ \frac{rad}{s^2} \right]$$

Se determina aceleración tangencial con la ecuación (18) que sigue:

$$\alpha_t = \alpha \cdot r_{Tambor} \quad (18)$$

Donde

$r_{Tambor}$ : Radio del tambor= 0.15[m]

$$\alpha_t = 0.0131 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

Es necesario encontrar la fuerza dinámica actuante mediante la ecuación (19).

$$F_{din} = m_{Granos} \cdot \alpha_t \quad (19)$$

Donde:

$m_{Granos}$ : Masa del cacao seco dentro del tambor

Ya que la masa de cacao que representa el 40% del volumen total del tambor es 10 [kg], se asume como caso crítico el alimentar el tambor con el 70% = 17.5 [kg], dato asumido para encontrar la fuerza dinámica.

$$F_{din} = 0.229 [N]$$

La ecuación (20) enseña la manera para hallar la fuerza estática también requerida.

$$F_{est} = m_{Granos} \cdot g \quad (20)$$

Donde:

$m$ : Masa del cacao seco dentro del tambor= 17.5 [kg]

$g$ : Gravedad= 9.8  $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$$F_{est} = 171.5 [N] \quad (21)$$

La fuerza resultante es la sumatoria de las fuerzas estática y dinámica, como lo expresa la ecuación (22).

$$F_{Total} = F_{din} + F_{est} \quad (22)$$

$$F_{Total} = 171.729 [N]$$

Luego, se calcula la carga por unidad de longitud que se aplica al tambor mediante la ecuación (23).

$$q = \frac{F_{Total}}{L_{Tambor}} \quad (23)$$

Siendo:

$q$ : Carga por unidad de longitud

$L_{Tambor}$ : Longitud del tambor= 0.60 [m]

$$q = 286.215 \left[\frac{N}{m}\right]$$

Por asumir el tambor como una viga perfectamente empotrada, [38] explica que el momento flector máximo se determina con la ecuación (24).

$$M_{Tambor} = \frac{q \cdot L_{Tambor}^2}{12} \quad (24)$$

Que se sustrae del anexo 7.

Siendo:

$M_{Tambor}$ : Momento flector máximo aplicado sobre el tambor

$q$ : Carga por unidad de longitud=  $286.215 \left[ \frac{N}{m} \right]$

$L_{Tambor}$ : Longitud de la viga empotrada=  $0.60[m]$

$$M_{Tambor} = 8.587 [N \cdot m]$$

Se encuentra el módulo de sección de resistencia  $Z$  con la fórmula (25) estipulada por [38].

$$Z = \frac{M_{Tambor}}{R} \quad (25)$$

Donde

$R$ : Resistencia a la tracción del material =  $480\,200\,000 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$

$$Z = 1.788 \cdot 10^{-8} [m^3]$$

El módulo de la sección de resistencia  $Z$  se multiplica por 2 debido a que debe ser compensada la cantidad de material retirada al perforarse la placa.



$$Z = 3.576 \cdot 10^{-8} [m^3]$$

Asumiendo el tambor como un tubo, el Anexo 8 muestra el cálculo para secciones circulares huecas:

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_{Tambor}^4 - d_{Tambor}^4}{D_{Tambor}} \quad (26)$$

Despejando d:

$$d_{Tambor} = \sqrt[4]{D_{Tambor}^4 - \frac{Z \cdot \pi \cdot D_{Tambor}}{32}} \quad (27)$$

Donde

Z: Módulo de la sección de resistencia=  $3.576 \cdot 10^{-8} [m^3]$

$D_{Tambor}$ : Diámetro externo del tambor=  $0.30 [m]$

$d_{Tambor}$ : Diámetro interno del tambor

Por lo tanto

$$d_{Tambor} = 0.299 [m]$$

Con el fin de obtener el espesor del cilindro, se calcula la diferencia entre ambos diámetros previamente analizados.

$$t = D_{Tambor} - d_{Tambor} \quad (28)$$

$$t = 9.753 \cdot 10^{-9} [m] = 9.75310^{-6} [mm]$$

Finalmente, se concluye que el espesor del tambor deberá ser mayor a  $9.75310^{-6} [mm]$ .

El mercado dispone de planchas de acero inoxidable para grado alimenticio como el AISI 304 desde un espesor de 0.40 [mm] hasta 15 [mm] como presenta el Anexo 2, tomando en cuenta que el espesor debe ser mayor a  $9.75310^{-6}$  [mm] y que su estructura debe soportar 50 [rpm] se ha escogido una plancha de 1 mm AISI 304 para el tambor.

Las dimensiones escogidas para el tambor se aprecian en el Plano 025 del Anexo 48.

#### **1.1.12.2      *Conformado del tambor***

Existen algunas alternativas para el ajuste del tambor con su estructura; entre ellas soldadura de puntos, mediante clavos y tacos de caucho o madera o pernos y tuercas.

La técnica mediante clavos y tacos refiere a la inserción de elementos flexibles cuya función es ser penetrados por clavos para así permitir un ajuste del tambor con la estructura. Es un proceso económico, dota de muy poca seguridad a la operación y provoca que el mantenimiento del tambor sea complicado.

El método de soldadura por puntos comprende la unión empleando equipo adecuado para crear puntos entre la estructura y el tambor, significa un proceso menos económico pero brinda mayor seguridad y facilidad para el mantenimiento del tambor.

El proceso de ajuste con pernos y tuercas es simple, permite un montaje y desmontaje del tambor fácil y pronto, y brinda un nivel de seguridad alto. Una gran desventaja que conlleva este mecanismo es que la placa debe perforarse en los puntos de ajuste.

Por lo tanto, se opta por el método de soldadura por puntos, la posibilidad de desprendimiento del tambor de su estructura es nulo y el mantenimiento será cómodo y practicable.

### 1.1.12.3 Sujeción del tambor

El tambor es sujeto al eje mediante dos volantes conformados de 4 varillas circulares soldadas a un bocín por el cual atraviesa el eje. Los volantes están ubicados a lo largo del eje y su estructura circular exterior es soldada al tambor de diámetro 0.30 [m].

Dichos elementos son los encargados de transmitir el giro del eje al tambor. La Figura 27 muestra el diseño de un volante.

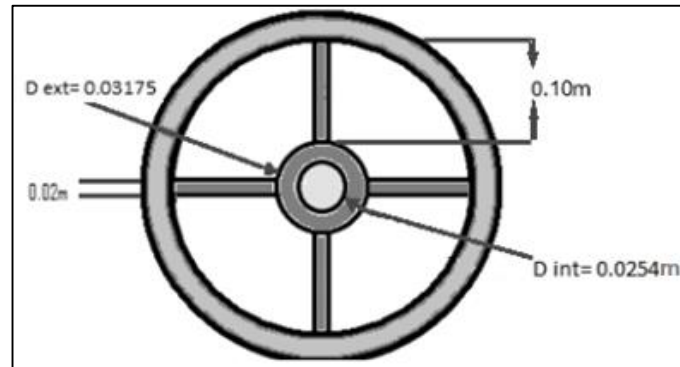


Figura 25: Bosquejo de volantes de sujeción para el tambor

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

### 1.1.13 Selección del sistema de transmisión

Las técnicas más utilizadas en la industria para efectuar la transmisión de mecanismos son la transmisión mediante bandas, cadenas y engranajes.

En comparación con los otros, los componentes del método de bandas son más económicos y de gran disponibilidad en el mercado, puede ser empleado en ambientes fétidos gracias a su alta resistencia y no requiere de mantenimiento o lubricación.

Es por ello que se opta por el mecanismo donde intervienen bandas y poleas, las bandas transmitirán velocidad del motor al eje y las poleas reducirán dichas revoluciones hasta alcanzar la demandada para el pelado de almendras.

El mercado ofrece motores eléctricos con potencia mecánica de 0.5 [HP] los cuales poseen diferentes velocidades angulares con las que gira su eje principal.

Se selecciona un motor que brinde una velocidad de 1750 [rpm] ya que, mediante 2 juegos de reducción (ver Figura 27), permitiría alcanzar 50 [rpm] la cual es la

velocidad recomendada para el pelado de semillas; caso contrario, con una velocidad más alta, se dificultaría alcanzar la sugerida.

Para los juegos de reducción mencionados se requiere establecer diámetros y encontrar relaciones de velocidad como lo puntualiza [39].

### 1.1.13.1 *Relaciones y diámetros de poleas*

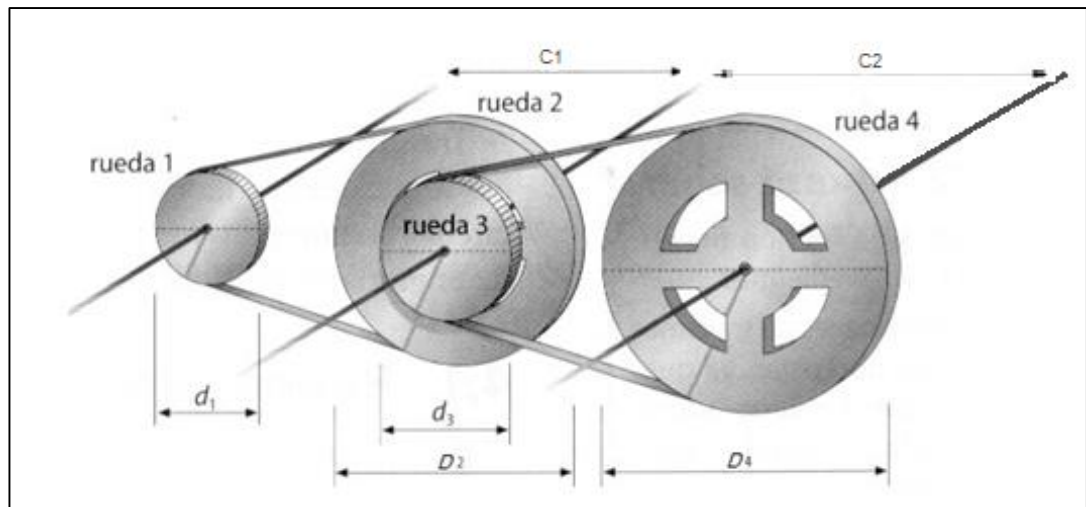


Figura 26: Dos juegos de reducción de velocidad angular mediante poleas

Tomado de: Diseño de máquinas [35]

El primer juego de reducción lo conformarán la rueda 1 y la rueda 2, de la misma manera del segundo juego de reducción harán parte la rueda 3 y la rueda 4 como lo presenta la Figura 26.

Para una velocidad menor a 1200 [rpm], el Anexo 9 recomienda el uso de una polea cuyo diámetro sea igual o mayor a 0.05 [m]. Es por ello que para la Figura 27 se seleccionan diámetros de poleas motrices de:  $d_1 = 0.05$  [m] y  $d_3 = 0.10$  [m].

$$d_1 \cdot n_1 = D_2 \cdot n_2 \quad (29)$$

Donde:

$d_1$ : Diámetro de 1ra polea conductora = 0.05 [m]

$n_1$ : Velocidad entregada por el motor = 1750 [rpm]

$D_2$ : Diámetro de 1ra polea conducida

$n_2$ : Velocidad reducida intermedia = 195 [rpm]

Se obtiene

$$D_2 = 0.45 [m]$$

Para el segundo juego de reducción mediante poleas:  $n_2 = n_3 = 195 [rpm]$

$$d_3 \cdot n_3 = D_4 \cdot n_4 \quad (30)$$

Donde

$d_3$ : Diámetro de 2nda polea conductora = 0.10 [m]

$n_3$ : Velocidad reducida intermedia = 270 [rpm]

$D_4$ : Diámetro de 2nda polea conducida

$n_4$ : Velocidad recomendada para pelado de semillas = 50 [rpm]

Se obtiene

$$D_4 = 0.45 [m]$$

#### **1.1.13.2      Distancia entre centros de polea**

La distancia de centros tentativa se calcula haciendo uso del teorema que presenta la ecuación (31) por [40]:

$$d \leq C \leq 3 \cdot (d + D) \quad (31)$$

Donde:

$d$ : Diámetro de polea conductora

$D$ : Diámetro de polea conducida

$C$ : Distancia entre centros de polea temporal

Para establecer una distancia entre centros del primer juego de reducción entre la rueda 1 y 2 (ver Figura 26) se sigue el teorema:

$$0.10 [m] \leq C_1 \leq 1.65 [m]$$

Luego, se escoge una distancia entre centros temporal para ambos juegos de poleas.

$$C_1 = C_2 = 0.5 [m]$$

Donde:

$C_1$ : Distancia entre centros de las ruedas del primer juego de reducción.

$C_2$ : Distancia entre centros de las ruedas del segundo juego de reducción.

Se hace uso del término “temporal” pues es un valor no exacto que mediante posteriores análisis se ajustará hasta alcanzar uno más acertado.

### 1.1.13.3 Cálculo de longitudes de bandas

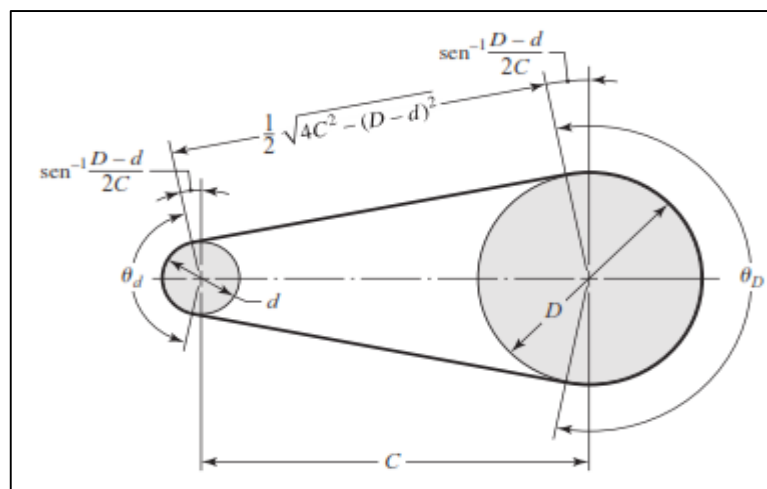


Figura 27: Ángulos de contacto para transmisión de banda abierta

Tomado de: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley [2]

– **Primer juego de reducción (rueda 1 y 2):**

Se determinan las ecuaciones (32) y (33) que representan el ángulo de contacto en transmisión de banda abierta detalladas por [2] y que se visualizan en un esquema de la Figura 28:

$$\theta_{d_1} = 180^\circ - 2 \cdot \sin^{-1} \left( \frac{D_2 - d_1}{2 \cdot C_1} \right) \quad (32)$$

$$\theta_{d_1} = 179.285^\circ = 3.129 \text{ [rad]}$$

$$\theta_{D_2} = 180^\circ + 2 \cdot \sin^{-1} \left( \frac{D_2 - d_1}{2 \cdot C_1} \right) \quad (33)$$

$$\theta_{D_2} = 180.715^\circ = 3.154 \text{ [rad]}$$

Donde:

$D_2$ : Diámetro de polea conducida= 0.45 [m]

$d_1$ : Diámetro de polea motriz= 0.05 [m]

$C_1$ : Distancia tentativa entre centros temporal= 0.5 [m]

$\theta_{d_1}$ : Ángulo de contacto de polea motriz

$\theta_{D_2}$ : Ángulo de contacto de polea conducida

Para [2] la longitud temporal de la banda que relacionará las ruedas del primer juego se determina con la fórmula (34).

$$L_{Banda1} = \sqrt{4 \cdot C_1^2 - (D_2 - d_1)^2} + \frac{1}{2} (D_2 \cdot \theta_{D_2} + d_1 \cdot \theta_{d_1}) \quad (34)$$

$$L_{Banda1} = 1.803 \text{ [m]} = 70.979 \text{ [plg]}$$

Con una longitud de banda  $L_{Banda1}$  tentativa, se adquiere una distancia entre centros más acertada estudiada por [40].

$$C_1 = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32 \cdot (D_2 - d_1)^2}}{16} \quad (35)$$

Donde:

$c_1$ : Distancia real entre centros de polea

$d_1$ : Diámetro de polea conductora = 0.05 [m]

$D_2$ : Diámetro de polea conducida = 0.45 [m]

$B$ : Valor de ajuste de longitud para banda

Se halla B:

$L_{Banda1}$ : Longitud tentativa de banda 1 = 1.803 [m]

$$B = 4 \cdot L_{Banda1} - 2 \cdot \pi \cdot (D_2 + d_1) \quad (35)$$

$$B = 3.756$$

Reemplazando en la ecuación (35):

$$C_1 = 0.434 [m]$$

Ya calculada la distancia entre centros de poleas 1 y 2 real establecida, se halla una longitud de banda real repitiendo las ecuaciones (32), (33) y (34).



$$\theta_{d_1} = 179.170^\circ = 3.127 \text{ [rad]}$$

$$\theta_{D_2} = 180.829^\circ = 3.156 \text{ [rad]}$$

$$L_{Banda1} = 1.656 \text{ [m]} = 65.203 \text{ [plg]}$$

El Anexo 10 muestra el catálogo de la marca Jason de correas disponibles en el mercado, se selecciona la correa con longitud más cercana que es la correa A64 con longitud primitiva de 66 [plg] = 1.676 [m].

– **Segundo juego de poleas**

Se repite el proceso del primer juego de poleas para hallar valores reales con los siguientes datos:

$D_4$ : Diámetro de polea conducida= 0.45 [m]

$d_3$ : Diámetro de polea motriz= 0.10 [m]

$C_2$ : Distancia tentativa entre centros tentativa= 0.5 [m]

Y resulta:

$$C_2 = 0.453 \text{ [m]}$$

$$\theta_{d_3} = 179.325^\circ = 3.129 \text{ [rad]}$$

$$\theta_{D_4} = 180.675^\circ = 3.153 \text{ [rad]}$$

$$L_{Banda2} = 1.799 \text{ [m]} = 70.826 \text{ [plg]}$$

La longitud acertada para el segundo juego de ruedas es de 70.826 [plg], el Anexo 10 muestra el catálogo de la marca Jason de correas disponibles en el mercado, se

selecciona la correa con longitud más cercana que es la correa A69 con longitud primitiva de  $71 [plg] = 1.803 [m]$ .

#### **1.1.13.4 Número de bandas**

Si la potencia corregida hallada tiene un valor muy cercano al de la potencia mecánica que brinda el motor la referencia [40] sugiere hacer uso de 1 banda de transmisión para cada juego de poleas.

Una vez halladas las relaciones, diámetros y números de bandas para cada juego de ruedas, la Figura 28 explica el mecanismo de sistemas para la reducción de la velocidad angular.



Figura 28: 2 Juegos de reducción mediante poleas

Tomado de: Máquina peladora rotatoria de maní tostado para la industria artesanal [12]

#### **1.1.14 Diseño del eje**

Para el material del eje se escoge el acero inoxidable AISI 304 ya que sus excelentes propiedades mecánicas de formabilidad, superior resistencia a la corrosión y excelente factor de higiene y limpieza lo hacen el adecuado para entrar en contacto con productos alimenticios y evitar así contaminación o contagio de herrumbre.

Las propiedades del acero AISI 304 las muestra el Anexo 1.

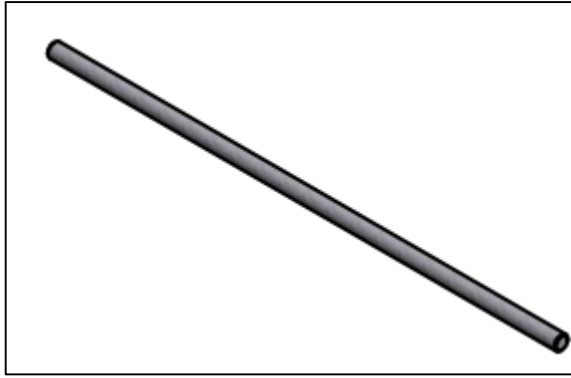


Figura 29: Eje principal

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

#### **1.1.14.1      Diseño estático del eje**

La Figura 29 muestra el eje que experimentará reacciones de torsión y flexión, para su análisis es importante desplegar los esquemas de fuerza cortante y momento flector para establecer las reacciones dentro de cada sección.

Mediante la ecuación (36) de [24] se encuentra el valor de la reacción  $R_p$  sobre el eje provocada por la polea conducida con dirección normal para el análisis en situaciones críticas, la cual se muestra en la Figura 30.

$$R_p = \frac{T}{\frac{D_4}{2}} \quad (36)$$

Donde:

$$T = 71.209 \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

$$D_4: \text{ Diámetro de la polea conducida} = 0.45 \text{ [m]}$$

$$R_p = 316.484 \text{ [N]}$$

Continuando, son requeridas las dimensiones del tambor para un cálculo posterior, por lo que se cuantifican con las ecuaciones que prosiguen.

#### **– Volumen del tambor (cilindro hueco)**

$$V_{tambor} = \pi \cdot L_{tambor} \cdot (r_{ext\ tambor}^2 - r_{int\ tambor}^2) \quad (37)$$

Donde:

$$L_{tambor} = 0.60 [m]$$

$$r_{ext\ tambor} = 0.15 [m]$$

$$r_{int\ tambor} = 0.149 [m]$$

$$V_{tambor} = 5.636 \cdot 10^{-4} [m^3] = 563.602 [cm^3]$$

#### - **Peso del tambor**

$$m_{tambor} = V_{tambor} \cdot \rho_{tambor} \quad (38)$$

Donde:

$$\rho_{tambor}: \text{Densidad del acero AISI 304} = 7.93 \left[ \frac{g}{cm^3} \right] \text{ (Anexo 11)}$$

Por lo tanto

$$m_{tambor} = 4.469 [kg]$$

$$W_{tambor} = m_{tambor} \cdot g \quad (39)$$

Donde:

$$W_{tambor}: \text{Peso del tambor}$$

$$g: \text{Gravedad} = 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$W_{tambor} = 43.799 [N]$$

#### - **Reacciones generadas por los volantes de sujeción**

Los volantes de sujeción son los elementos que soportarán el peso tanto de las semillas de cacao como del tambor, es allí donde nacen reacciones con dirección opuesta a los pesos antes mencionados. La ecuación 40 reparte la reacción generada para dos volantes, es por ello que se divide para 2.

$$R_v = \frac{W_{cacao} + W_{tambor}}{2} \quad (40)$$

Donde:

$W_{cacao}$ : Peso del cacao = 92.233 [N]

$W_{tambor}$ : Peso del tambor = 43.799 [N]

$R_v$ : Reacción del volante 1

$R_v$ : Reacción del volante 2

$$R_v = \frac{136.033 \text{ [N]}}{2} = 68.0165 \text{ [N]} = R_v$$

#### - Carga por peso del cacao

$$F_d = \frac{m_{Granos} \cdot g}{L_{eje}} \quad (41)$$

Donde:

$m_{Granos}$ : Masa de trabajo de cacao tostado = 10.7 [kg]

$g$ : Gravedad =  $9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$

$L_{eje}$ : Longitud del eje = 0.9 [m]

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

#### - Reacciones y momentos en plano X-Y

Los valores previamente deducidos se exhiben en el esquema de cuerpo libre del eje en la Figura 30.

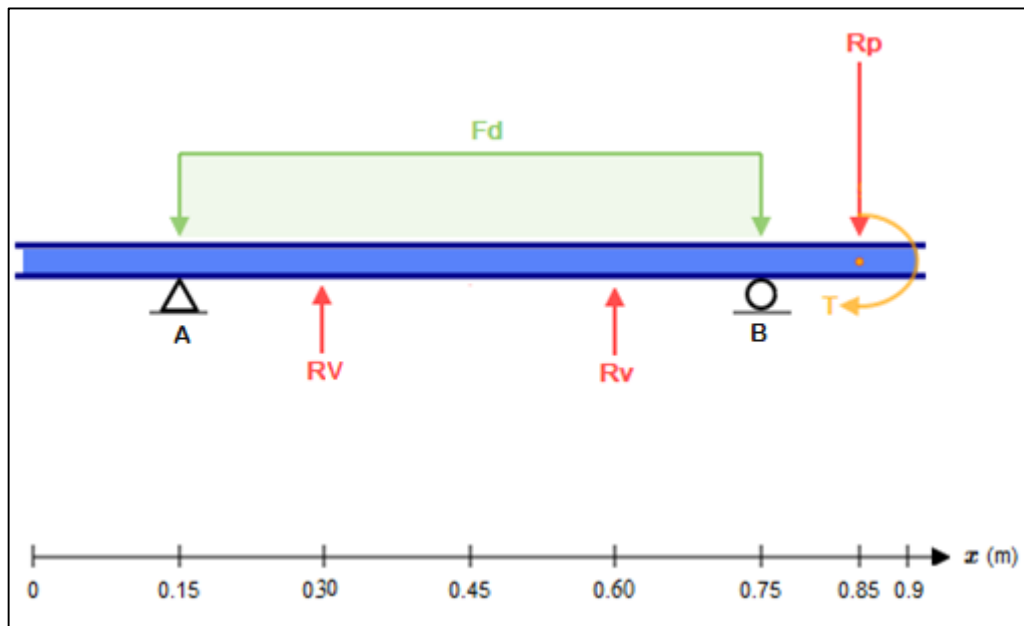


Figura 30: Diagrama de cuerpo libre del eje  
Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

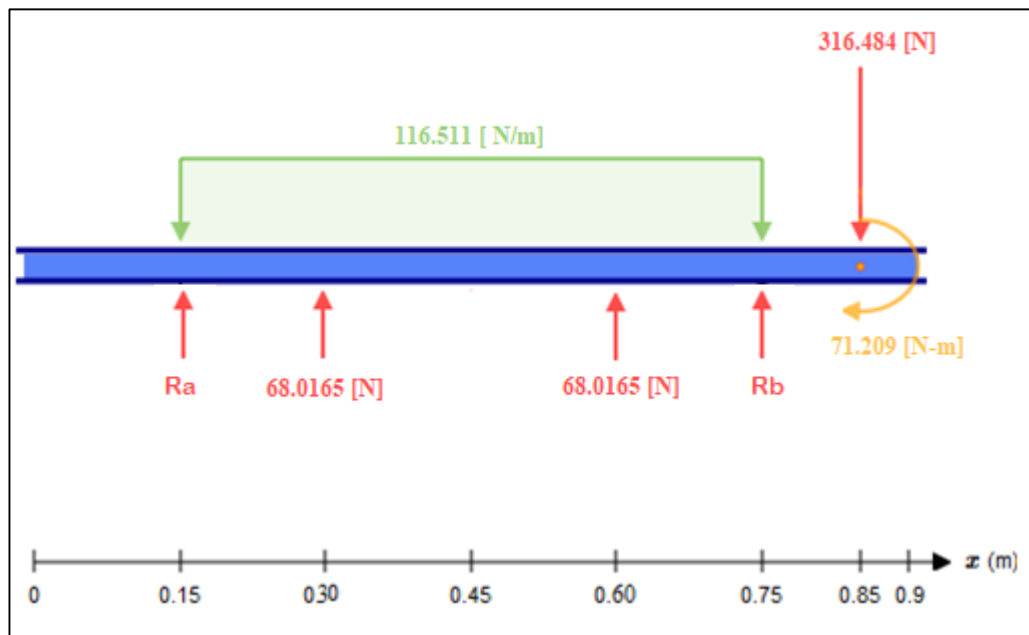


Figura 31: Reacciones y momentos en el eje  
Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Se encuentran las reacciones correspondientes a los soportes mediante sumatoria de fuerzas en la ecuación 42 y sumatoria de momentos en la ecuación 45.

– **Sumatoria de fuerzas**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_D + R_P - R_V - R_v - R_a - R_b = 0 \quad (42)$$

La carga distribuida  $F_d$  se transforma en una carga puntual mediante la ecuación 43.

$$F_D = F_d \cdot (xf - xi) \quad (43)$$

Donde:

$F_d$ : Valor de la carga distribuida=  $116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$

$xf$ : Posición final de la carga distribuida=  $0.75 [m]$

$xi$ : Posición inicial de la carga distribuida =  $0.15 [m]$

Entonces:

$$F_D = 69.9066 [N]$$

Reemplazando los valores de la ecuación 42:

$$R_a + R_b = 250.3576 [N] \quad (44)$$

#### - Sumatoria de momentos

$$\begin{aligned} \sum M_{R_a} = 0 \rightarrow R_b \cdot (x_5 - x_1) - F_D \cdot (x_3 - x_1) - R_P \cdot (x_6 - x_1) - R_V \\ \cdot (x_2 - x_1) - R_v \cdot (x_4 - x_1) = 0 \end{aligned} \quad (45)$$

Donde:

$x_1$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_a = 0.15 [m]$

$x_2$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.30 [m]$

$x_4$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.60 [m]$

$x_5$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_b = 0.75 [m]$

$x_6$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_p = 0.85 [m]$

Para carga distribuida la distancia de trabajo se calcula por la ecuación 46

$$x_3 = \frac{x_i + x_f}{2} \quad (46)$$

Donde:

$x_f$ : Posición final de la carga distribuida=  $0.75 [m]$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida =  $0.15 [m]$

$x_3$ : Distancia desde punto 0 hasta carga puntual  $F_D = 0.45 [m]$

Entonces, reemplazando los valores en la Ecuación 45.

$$R_b \cdot (0.75-0.15) = (69.9066) \cdot (0.45-0.15) + (316.484) \cdot (0.85-0.15) + (-68.0165) \cdot (0.3-0.15) + (-68.0165) \cdot (0.6-0.15)$$

$$R_b = 336.1681 [N]$$

Sustituyendo el valor de  $R_b$  en la ecuación 44

$$R_a = -85.8105 [N]$$

Por lo tanto la reacción generada por el soporte A tiene sentido contrario.



Una vez ya determinadas las reacciones aplicadas al eje, se encuentra fuerza cortante máxima y momento flector máximo, luego se observan los diagramas correspondientes en las Figuras 32 y 33.

**Fuerza cortante  $V(x)$**

$$\sum F_y + V(x) = 0 \quad (47)$$

**Sección 1 ( $0 \leq x \leq 0.15 [m]$ )**

$$V(x) = 0$$

**Sección 2 ( $0.15 [m] \leq x \leq 0.3 [m]$ )**

$$V(x) = R_a - F_d \cdot (x - x_i)$$

Donde:

$$R_a = -85.8105 [N]$$

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida =  $0.15 [m]$

$$V(x) = -116.511 \cdot x - 68.3339$$

**Sección 3 ( $0.3 [m] \leq x \leq 0.6 [m]$ )**

$$V(x) = R_a - F_d(x - x_i) - R_v$$

Donde:

$$R_a = -85.8105 [N]$$

$$R_v = 68.0165 [N]$$

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida = 0.15 [m]

$$V(x) = -116.511 \cdot x - 0.3174$$

**Sección 4 (0.6 [m] ≤ x ≤ 0.75 [m])**

$$V(x) = R_a - F_d(x - x_i) - R_V - R_v$$

Donde:

$$R_a = 85.8105 [N]$$

$$R_V = R_v = 68.0165 [N]$$

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida = 0.15 [m]

$$-116.511 \cdot x + 67.6991$$

**Sección 5 (0.75 [m] ≤ x ≤ 0.85 [m])**

$$V(x) = R_a + R_b - F_D - R_V - R_v$$

Donde:

$$R_a = -85.8105 [N]$$

$$R_b = 336.1681 [N]$$

$$R_V = R_v = 68.0165 [N]$$

$$F_D = 69.9066 [N]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida = 0.15 [m]

$$V(x) = 316.484 [N]$$

**Sección 6 ( $0.85 [m] \leq x \leq 0.9 [m]$ )**

$$V(x) = R_a + R_b - F_D - R_V - R_v - R_P$$

Donde:

$$R_a = -85.8105 [N]$$

$$R_b = 336.1681 [N]$$

$$R_V = R_v = 68.0165 [N]$$

$$R_P = 316.484 [N]$$

$$F_D = 69.9066 [N]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida =  $0.15 [m]$

$$V(x) = 0$$

Por lo tanto la fuerza cortante máxima se encuentra en la sección 5 y tiene el valor de:

$$V(x)_{max} = 316.484 [N]$$

Se corrobora el cálculo con la Figura 32.

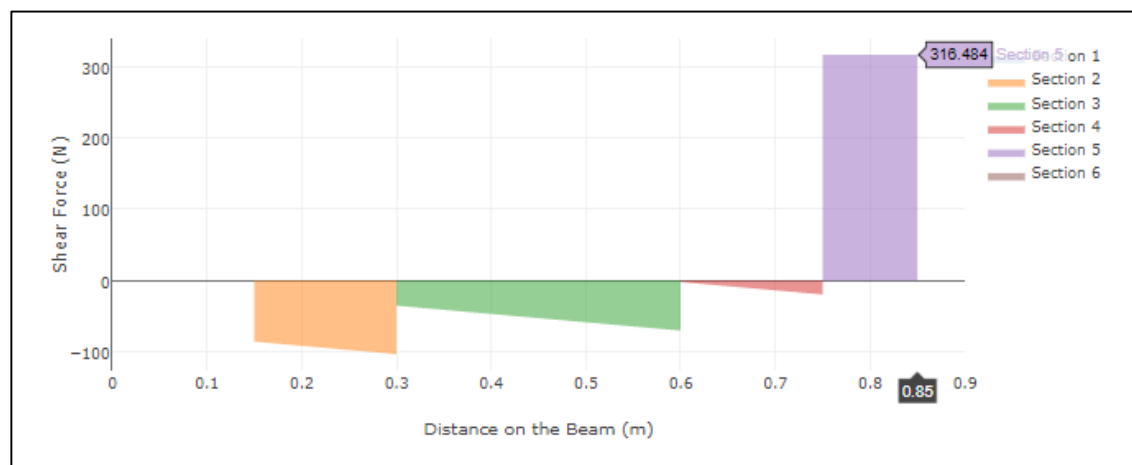


Figura 32: Diagrama de fuerzas cortantes en el eje principal

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

### **Momento flector $M(x)$**

$$\sum F_y(x - \bar{x}) + \sum M + M(x) = 0 \quad (48)$$

Donde:

$\bar{x}$ : Distancia desde el punto 0 hasta una reacción aplicada sobre el eje

#### **Sección 1 ( $0 \leq x \leq 0.15 [m]$ )**

$$M(x) = 0$$

#### **Sección 2 ( $0.15 [m] \leq x \leq 0.3 [m]$ )**

$$M(x) = R_a(x - x_1) - \frac{F_d}{2}(x - x_i)^2$$

Donde:

$$R_a = -85.8105 [N]$$

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida =  $0.15 [m]$

$x_1$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_a = 0.15 [m]$

$x_2$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.30 [m]$

$x_4$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.60 [m]$

$x_5$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_b = 0.75 [m]$

$x_6$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_p = 0.85 [m]$

$$M(x) = -58.2555 \cdot x^2 - 68.3339 \cdot x + 11.5608$$

**Sección 3 ( $0.3 [m] \leq x \leq 0.6 [m]$ )**

$$M(x) = R_a(x - x_1) - \frac{F_d}{2}(x - x_i)^2 - R_v(x - x_2)$$

Donde:

$$R_a = -85.8105 [N]$$

$$R_v = 68.0165 [N]$$

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida =  $0.15 [m]$

$x_1$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_a = 0.15 [m]$

$x_2$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.30 [m]$

$$M(x) = -58.2555 \cdot x^2 - 0.3174 \cdot x + 8.8441$$

**Sección 4 ( $0.6 [m] \leq x \leq 0.75 [m]$ )**

$$M(x) = R_a(x - x_1) - \frac{F_d}{2}(x - x_i)^2 - R_v(x - x_2) - R_v(x - x_4)$$

Donde:

$$R_a = -85.8105 [N]$$

$$R_v = R_v = 68.0165 [N]$$

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida =  $0.15 [m]$

$x_1$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_a = 0.15 [m]$

$x_2$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.30 [m]$

$x_4$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.60 [m]$

$$M(x) = -58.2555 \cdot x^2 + 67.6991 \cdot x - 49.654$$

**Sección 5** ( $0.75 [m] \leq x \leq 0.85 [m]$ )

$$M(x) = R_a(x - x_1) + R_b(x - x_5) - \frac{F_d}{2}(x - x_i)^2 - R_v(x - x_2) - R_v(x - x_4)$$

Donde:

$$R_a = -85.8105 [N]$$

$$R_b = 336.1681 [N]$$

$$R_v = R_v = 68.0165 [N]$$

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida =  $0.15 [m]$

$x_1$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_a = 0.15 [m]$

$x_2$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.30 [m]$

$x_4$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.60 [m]$

$x_5$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_b = 0.75 [m]$

$$M(x) = 316.484 \cdot x - 269.0114$$

**Sección 6** ( $0.85 [m] \leq x \leq 0.9 [m]$ )

$$M(x) = R_a(x - x_1) + R_b(x - x_5) - \frac{F_d}{2}(x - x_i)^2 - R_v(x - x_2) - R_v(x - x_4) - R_p(x - x_6)$$

Donde:

$$R_a = 85.8105 [N]$$

$$R_b = 336.1681 [N]$$

$$R_v = R_v = 68.0165 [N]$$

$$R_p = 316.484 [N]$$

$$F_d = 116.511 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

$x_i$ : Posición inicial de la carga distribuida = 0.15 [m]

$x_1$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_a = 0.15 [m]$

$x_2$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.30 [m]$

$x_4$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_v = 0.60 [m]$

$x_5$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_b = 0.75 [m]$

$x_6$ : Distancia desde punto 0 hasta  $R_p = 0.85 [m]$

$$M(x) = 0$$

Por lo tanto la fuerza cortante máxima se encuentra en la sección 5 y tiene el valor de:

$$M(x) = 31.648 [N]$$

Se corrobora el cálculo con la Figura 33.

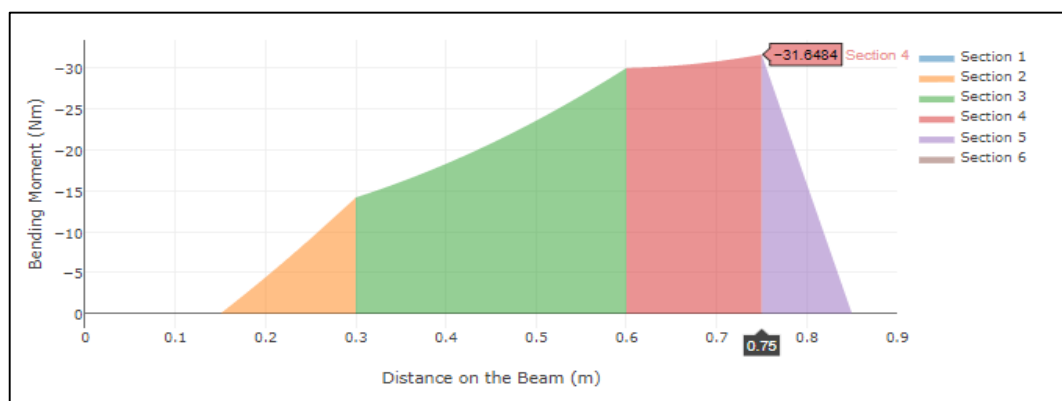


Figura 33: Diagrama de momento flector en el eje principal

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Los diagramas dan a notar que el punto donde  $M_F$ : Momento flector máximo = 31.648 [N · m] es una zona crítica por la mayor fuerza cortante a la que está siendo aplicada, sobre dicho punto se efectuará los cálculos necesarios para el dimensionamiento del eje.

La inercia del eje cilíndrico con respecto a su centro de gravedad la presenta la ecuación (49), y la longitud desde el centro del eje hasta un límite externo la presenta la ecuación (50) detalladas en [36] y se reemplaza en la ecuación (51).

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (49)$$

$$c = \frac{d}{2} \quad (50)$$

Donde:

$I$ = Inercia del eje con respecto al centro de gravedad

$c$ = distancia del centro de gravedad del eje hasta un límite externo

A continuación, se determinan los esfuerzos de flexión y torsión determinados por [2]:

**Esfuerzo de flexión  $\sigma_x$**

$$\sigma_x = \frac{M_F \cdot c}{I} = \frac{32 \cdot M_F}{\pi \cdot d^3} \quad (51)$$

Donde:

$M_F$ : Momento flector máximo = 31.648 [N · m]

$d$ : Diámetro del eje

$$\sigma_x = \frac{322.368 \text{ [N · m]}}{d^3}$$

**Esfuerzo de torsión  $\tau_{xy}$**



$$\tau_{xy} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3} \quad (52)$$

$T$ : Momento de torsión = 71.209 [N · m]

$d$ : Diámetro del eje

$$\tau_{xy} = \frac{362.665 [N \cdot m]}{d^3}$$

Se determinan esfuerzos principales  $\sigma_{A,B}$  presentados por [2].

$$\sigma_{A,B} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (53)$$

$$\sigma_{A,B} = \frac{161.184}{d^3} \pm \frac{396.871}{d^3}$$

$$\sigma_A = \sigma_1 = \frac{558.055}{d^3}$$

$$\sigma_B = \sigma_3 = \left| \frac{-235.687}{d^3} \right|$$

Mediante el teorema de Von Mises explicado por [2] se establece la energía de distorsión.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_3^2} \quad (54)$$

$$\sigma' = \frac{485.229}{d^3}$$

El Anexo 1 muestra las características mecánicas del acero AISI 304, con una resistencia a la fluencia  $S_y = 276000000 \text{ [Pa]}$  y un factor de seguridad de  $FS = 2$  se tiene la ecuación (55).

$$\sigma' = \frac{S_y}{FS} \quad (55)$$

Reemplazando la ecuación (54) en la (55), se despeja el diámetro

$$\frac{485.229}{d^3} = \frac{S_y}{FS}$$

$$d_{eje} = \sqrt[3]{\frac{FS \cdot 485.229}{S_y}}$$

$$d_{eje} = 0.015 \text{ [m]} = 15.206 \text{ [mm]}$$

El diseño estático arrojó como resultado un diámetro para el eje de  $15.206 \text{ [mm]}$ , por lo que es necesario escoger uno con diámetro superior.

El mercado ofrece una gran variedad de medidas estandarizadas de ejes, se selecciona un eje de diámetro:  $1 \text{ [plg]} = 0.0254 \text{ [m]} = 25.4 \text{ [mm]}$  para facilidad de fabricación y diseño de la máquina (ver Plano 026 del Anexo 48).

#### **1.1.14.2 Análisis de fatiga del eje**

Se hallan esfuerzos alternante y de flexión, y los esfuerzos cortantes alternante y torsional en la coordenada X a lo largo del eje mediante las ecuaciones (56), (57), (58) y (59) presentadas por [2].

$$\sigma_a = \frac{32 \cdot M_{Fa}}{\pi \cdot d_{eje}^3} \quad (56)$$

$$\sigma_m = \frac{32 \cdot M_{Fm}}{\pi \cdot d_{eje}^3} \quad (57)$$

$$\tau_a = \frac{16 \cdot T_a}{\pi \cdot d_{eje}^3} \quad (58)$$

$$\tau_m = \frac{16 \cdot T_m}{\pi \cdot d_{eje}^3} \quad (59)$$

Donde:

$\sigma_a$ : Esfuerzo alternante en eje X

$\sigma_m$ : Esfuerzo de flexión medio en eje X

$\tau_a$ : Esfuerzo cortante alternante en eje X

$\tau_m$ : Esfuerzo cortante torsional medio en eje X

$M_{Fa}$ : Momento flector máximo = 31.648 [N · m]

$M_{Fm}$ : Momento flector medio = 0

$T_a$ : Momento de torsión = 0

$T_m$ : Momento de torsión medio = 71.209 [N · m]

$d_{eje}$ : Diámetro del eje seleccionado = 0.0254 [m]

Resolviendo:

$$\sigma_a = 19.672 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_m = 0$$

$$\tau_a = 0$$

$$\tau_m = 22.131 \text{ [MPa]}$$

Los esfuerzos equivalentes quedan de la siguiente manera:

$$\sigma_a' = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 3 \cdot (\tau_a)^2} \quad (60)$$

$$\sigma_m' = \sqrt{\sigma_m^2 + 3 \cdot \tau_m^2} \quad (61)$$

Por lo tanto,

$$\sigma_a' = 19.672 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_m' = 38.332 \text{ MPa}$$

#### – Método de resistencia a la fatiga

Teniendo en cuenta las propiedades del acero inoxidable AISI 304 desplegadas en el Anexo 1 se diseña el eje por método de resistencia a la fatiga.

$$S_y = 276 \text{ [MPa]}$$

$$S_{ut} = 568 \text{ [MPa]}$$

Para ello, [2] explica la ecuación (62):

$$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S_e' \quad (62)$$

Donde:

$S_e$ : Límite de resistencia a la fatiga

$k_a$ : Factor de superficie

$k_b$ : Factor de tamaño

$k_c$ : Factor de confiabilidad

$k_d$ : Factor de temperatura

$k_e$ : Factor de modificación por concentración de esfuerzos

$k_f$ : Factor de efectos diversos

$S_e'$ : Límite de resistencia a la fatiga de una viga rotatoria

El límite de resistencia a la fatiga de una viga rotatoria se halla mediante la siguiente ecuación puntualizada por [2].

$$S_e' = 0.5 \cdot S_{ut} \quad (63)$$

Donde:

$S_{ut}$ : Resistencia máxima a la tensión AISI 304= 568 [MPa]

$$S_e' = 284 \text{ MPa}$$

– **Factor de superficie**

$$k_a = a \cdot S_{ut}^b \quad (64)$$

Por superficie maquinada en frío, del Anexo 12 se tiene:

$$a = 4.51$$

$$b = -0.265$$

Reemplazando:

$$k_a = 1.009$$

– **Factor de tamaño  $k_b$**

Por  $d$ : Diámetro del eje seleccionado = 0.0254 m

$2.79 \leq d \leq 51$  [mm], del Anexo 13 se tiene:

$$k_b = 1.24 \cdot d^{-0.107} \quad (65)$$

$$k_b = 0.877$$

– **Factor de temperatura  $k_c$**

Por valor medio de factor de carga axial, del Anexo 14 se tiene:

$$k_c = 0.85$$

– **Factor de temperatura  $k_d$**

El mecanismo pelador de semillas de cacao es diseñado para trabajar a una temperatura límite de  $20^\circ C$ , del Anexo 15 se obtiene:

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} = 1 \quad (66)$$

– **Factor de confiabilidad  $k_e$**

Se presume una confiabilidad de 99% para el mecanismo, del Anexo 16 se tiene:

$$k_e = 0.814$$

– **Factor de efectos varios  $k_f$**

$$k_f = 1 + q \cdot (k_t - 1) \quad (67)$$

Donde

$q$ : Sensibilidad a la ranura, asumida = 1

$k_t$ : Factor teórico de concentración de esfuerzos = 2

Resolviendo

$$k_f = 2$$

La referencia [2] recomienda hallar un factor corregido de efectos varios con la ecuación (68) para reducir  $S_e$ , debido a que es un problema de carga simple.

$$k_{f_{corregido}} = \frac{1}{k_f} \quad (68)$$

$$k_{f_{corregido}} = 0.5$$

Reuniendo los valores calculados, se desarrolla la fórmula (62) y se obtiene:

$$S_e = 86.941[MPa]$$

Se verifica que:

$$\sigma_a' < S_e$$

$$63.936 [MPa] < 86.941[MPa]$$

El análisis explica que el componente es a vida infinita, finalmente se determina un factor de seguridad para el eje mediante la teoría de Goodman modificado expuesta por [35].

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{S_e}{S_{ut}} + \frac{\sigma_a'}{\sigma_m'}} \quad (69)$$

Donde:

$FS$ : Factor de seguridad

$\sigma_a'$  y  $\sigma_m'$ : Esfuerzos equivalentes

$S_e$ : Resistencia a la fatiga corregida= 86.941 [MPa]

$S_{ut}$ : Resistencia máxima a la tensión= 568 [MPa]

Resolviendo

$$S_m = 130.489 \text{ [MPa]}$$

Y el factor de seguridad para el eje estudiado por [35] se concreta con la ecuación (70).

$$FS = \frac{S_m}{\sigma_m'} \quad (70)$$

$$FS = 2.404 \approx 3$$

#### **1.1.14.3 Cálculo de elementos finitos sobre el eje**

La Figura 34 estudia el esfuerzo de Von Mises aplicado sobre el eje principal. Éste gráfico permite la visualización de los puntos más críticos con un esfuerzo máximo de 233.4 [MPa] el cual mantiene un valor menor al del esfuerzo de fluencia del material  $S_y = 276 \text{ [MPa]}$ , esto demuestra que el diámetro seleccionado tolera las cargas impuestas.



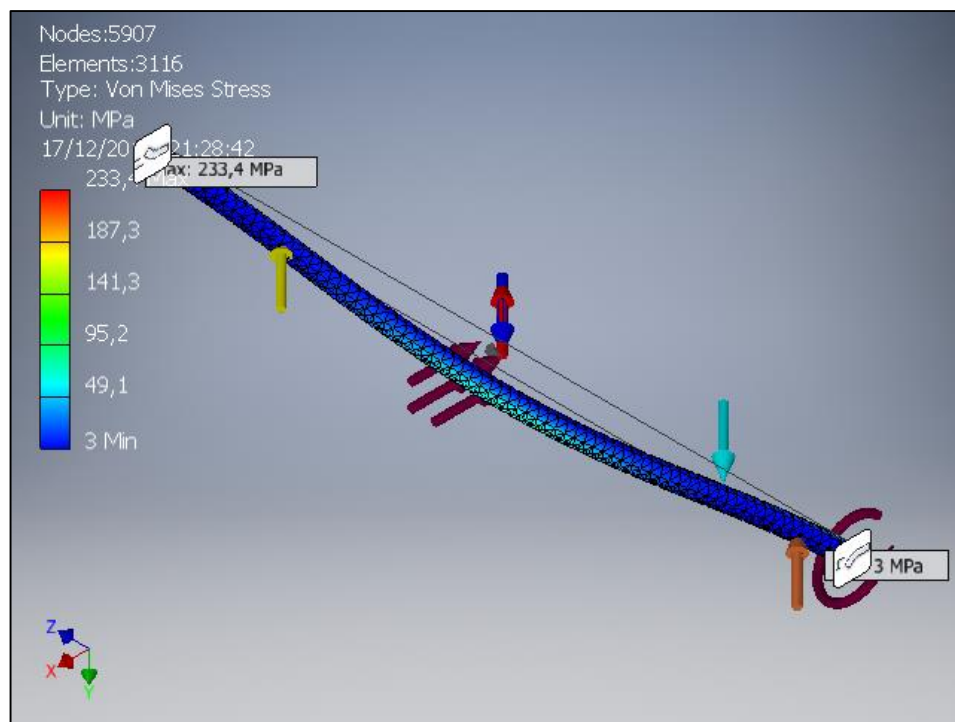


Figura 34: Análisis de elementos finitos sobre el eje, desplazamiento máximo

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

El resumen de resultados de la Figura 35 muestra los desplazamientos estáticos en dirección  $X$ ,  $Y$  y  $Z$  producidos por las cargas impuestas sobre el eje, el máximo desplazamiento tiene un valor de  $0.831132 \text{ [mm]}$  el cual pasará desapercibido por lo tanto el bosquejo es considerado adecuado.

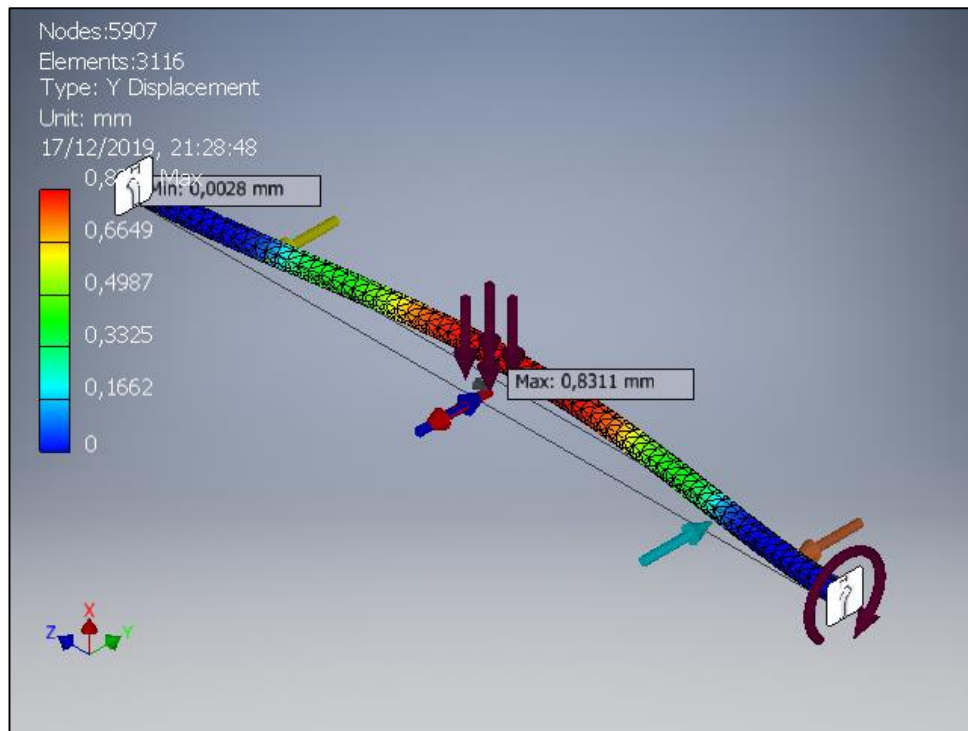


Figura 35: Resumen de resultados  
Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

### 1.1.15 Selección de rodamientos y chumaceras

#### 1.1.15.1 Selección de rodamiento

La selección del rodamiento se la realiza bajo criterios de trabajo, lubricación y disponibilidad en el mercado.

Comparando con la carga de  $336.1681 \text{ [N]}$  ejercida sobre los soportes, obtenida de la Figura 31, se elige un rodamiento cuyas propiedades de soporte de cargas superen a la calculada.

De esta manera, el rodamiento que cumple con los requisitos de funcionamiento es el E2.YAR 205-100-2F selecto del catálogo de SKF (Anexo 18).

Las propiedades del rodamiento E2.YAR 205-100-2F son:

- Carga dinámica básica ( $C_d$ ): 14 [kN]
- Carga estática básica ( $C_0$ ): 7.8 [kN]
- Carga limite a fatiga ( $P_u$ ): 0.335 [kN]

#### **1.1.15.2 Selección de chumaceras**

El soporte seleccionado para el rodamiento E2.YAR 205-100-2F es la chumacera SKF modelo SYK 25 FE (Anexo 19) pues permite el ajuste con un eje de 1 [pulg] de diámetro y cumple los parámetros de trabajo que exige la máquina.

#### **1.1.16 Diseño estructural**

Para que el proyecto sea totalmente funcional y tomando en cuenta criterios de operadores existen limitaciones de diseño para máquinas peladoras de cacao, su altura no puede exceder 1.60 [m] y su área base menor a 2 [m<sup>2</sup>].

Por lo tanto se propone el esquema de la Figura 36.

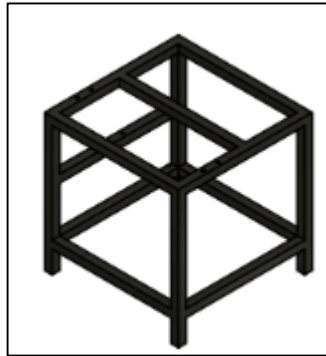


Figura 36: Bosquejo de estructura

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

#### **1.1.16.1 Análisis de cargas en la estructura**

Se enumeran las cargas influyentes establecer el peso total de la máquina.

$$m_1 = (\text{Masa de chumaceras} + \text{masa tolva} + \text{masa poleas}) = 150 \text{ [kg]}$$

$$m_2 = (\text{Masa de motor} + \text{masa de blower}) = 20 \text{ [kg]}$$

$$m_3 = (\text{Masa de eje} + \text{masa tambor} + \text{masa volante de sujeción}) = 7 \text{ [kg]}$$

$$m_4 = (\text{Masa de carcasa}) = 25 \text{ [kg]}$$

$$m_5 = (\text{Masa de granos de cacao envuelto en el pelado}) = 9.412 \text{ [kg]}$$

$$P_{Total} = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5) \cdot 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \quad (71)$$

$$P_{Total} = 211.412 \text{ [kg]} \cdot 9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$P_{Total} = 2071.833 \text{ [N]} = 465.767 \text{ [lbf]}$$

Con la ecuación (72) se halla la carga distribuida aplicada sobre el perfil cuadrado que soportará el peso total previamente calculado.

$$Q_{Estructura} = \frac{P_{Total}}{L_{perfil}} \quad (72)$$

Donde:

$Q_{Estructura}$  Carga distribuida sobre el perfil cuadrado

$P_{Total}$ : Peso total de la máquina = 2071.833 [N]

$L_{perfil}$ : Longitud del perfil cuadrado = 0.90 [m]

$$Q_{Estructura} = 2302.037 \left[ \frac{N}{m} \right]$$

#### 1.1.16.2 Selección de perfil para estructura

La Figura 37 muestra el diagrama de cuerpo libre de la viga cuadrada.

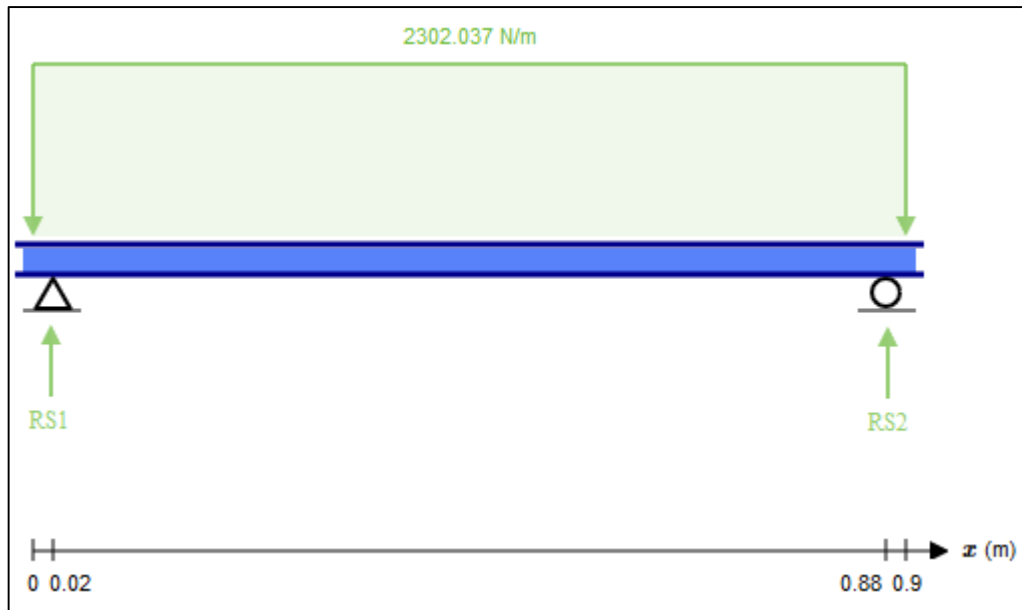


Figura 37: Diagrama de cuerpo libre del perfil estructural

Elaborado por: Jonathan Celi, Jordy Tinizaray

El Anexo 21 muestra la ecuación (73) para hallar el momento máximo en el centro de una viga a la cual se aplica una carga uniformemente distribuida.

$$M_{Estructura} = \frac{Q \cdot L_{\text{perfil}}^2}{8} \quad (73)$$

Donde:

$Q_{Estructura}$ : Carga distribuida sobre el perfil cuadrado =  $2302.037 \left[ \frac{N}{m} \right]$

$L_{\text{perfil}}$ : Longitud del perfil cuadrado =  $0.90 [m]$

$$M_{Estructura} = 212.363 [N \cdot m]$$

Se presenta el análisis de la viga cuadrada en la Figura 38 y en la Figura 39.

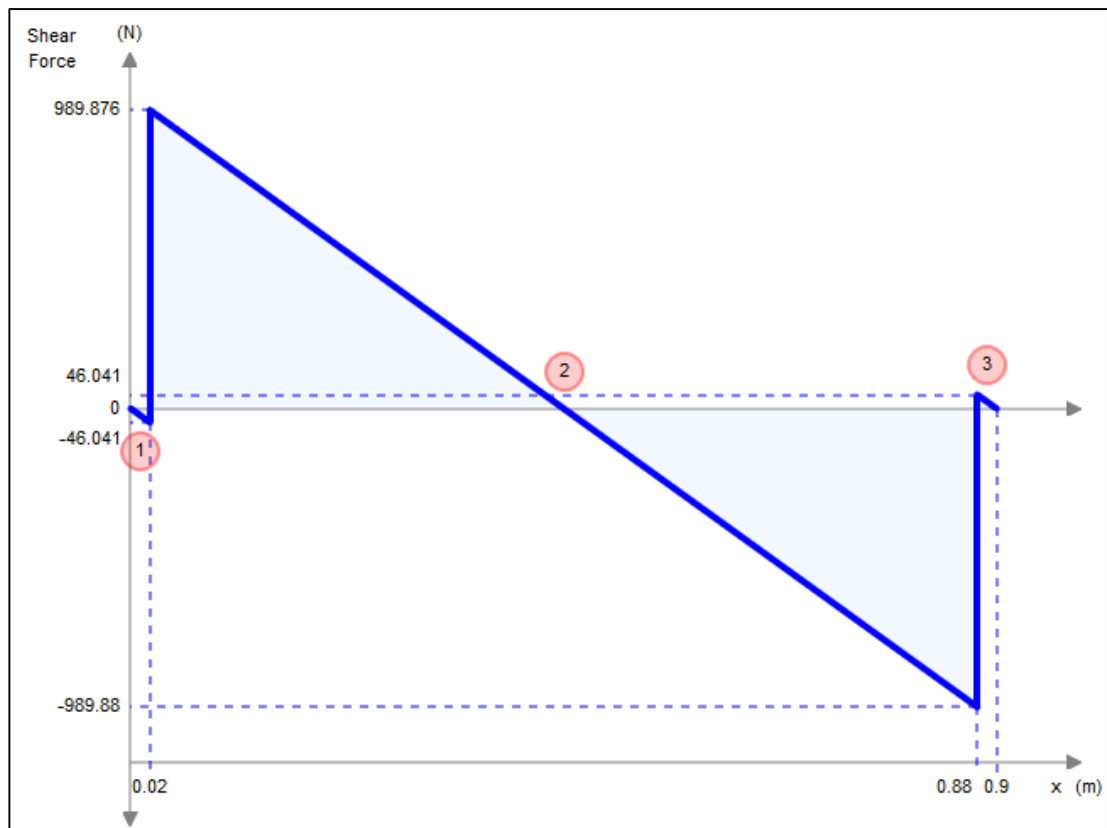


Figura 38: Diagrama de fuerza cortante del perfil estructural

Elaborado por: Jonathan Celi, Jordy Tinizaray

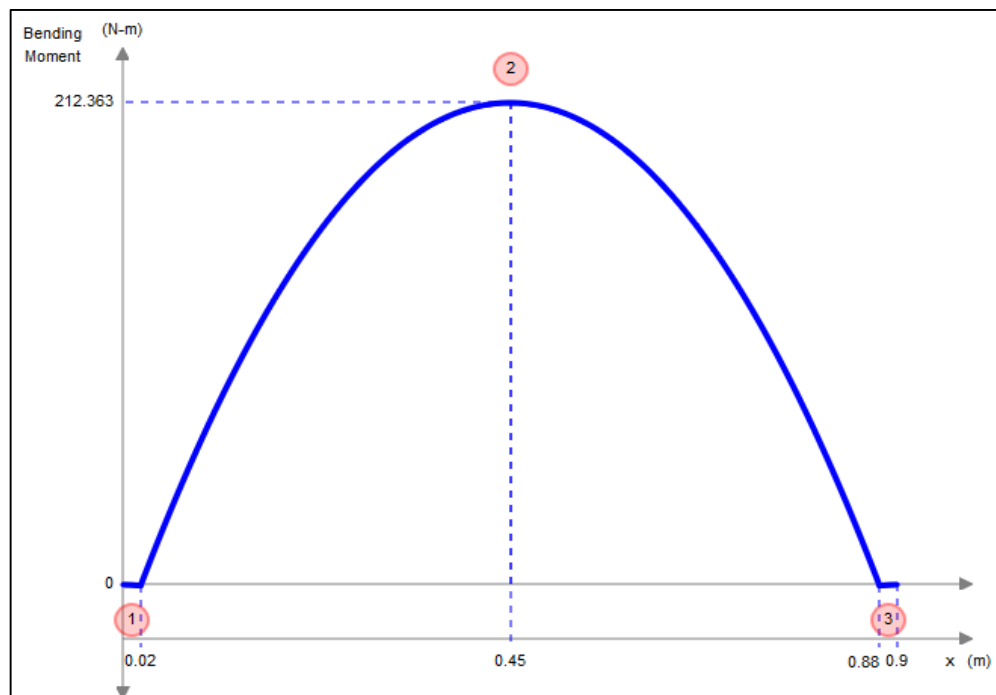


Figura 39: Diagrama de momento flector del perfil estructural

Elaborado por: Jonathan Celi, Jordy Tinizaray

De la Figura 39 se obtiene el  $M_{Estructura} = 212.363 [N \cdot m]$

Se determina el esfuerzo de flexión permisible con la ecuación (74).

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{FS} \quad (74)$$

El Anexo 22 muestra el esfuerzo de tensión permisible correspondiente al ASTM A653:

$$S_y = 2530 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] = 248 [MPa]$$

Con un factor de seguridad de 2 se garantiza el diseño de la estructura y reemplazando en la ecuación (74) se consigue:

$$\sigma_{perm} = 124 [MPa]$$

Por consiguiente, despejando el módulo de sección  $S_x$  de la ecuación de esfuerzo permisible se encuentra su valor.

$$S_x = \frac{M_{Estructura}}{\sigma_{perm}} \quad (75)$$

$$S_x = 1.713 \cdot 10^{-6} [m^3] = 0.105 [plg^3]$$

Una vez obtenido  $S_x$  se acude al manual de la AISC [38] y se elige un perfil cuadrado con un módulo de sección mayor para garantizar la resistencia de las cargas.

Se escoge el perfil cuadrado con área de  $(2 \cdot 2) [plg]$  con un  $S_x = 0.668 [plg^3]$  (Anexo 23).

### 1.1.16.3 *Análisis de columnas por esbeltez*

Para establecer si el diseño de la estructura es el propicio se debe examinar la esbeltez en las columnas, cada una con una longitud de  $L_c = 0.95 \text{ [m]} = 37.402 \text{ [plg]}$  (ver Figura 40). El objetivo de dicho análisis es evitar un efecto de pandeo sobre las columnas que soportan las cargas.

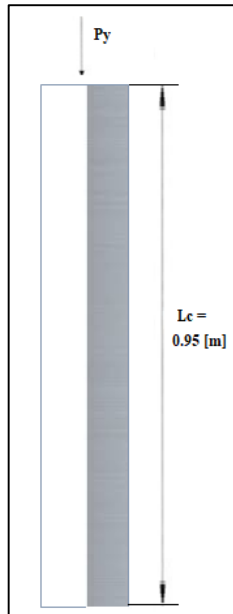


Figura 40: Diagrama de perfil cuadrado

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Para corroborar si el perfil propuesto para las columnas es el adecuado, se emplea la ecuación (76) dispuesta por [38].

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \quad (76)$$

Donde:

$f_a$ : Esfuerzo axial calculado

$F_a$ : Esfuerzo de compresión axial permitido

$f_b$ : Tensión de flexión



$F_b$ : Esfuerzo de flexión permitido

Para [38] el esfuerzo axial  $f_a$  se obtiene de la ecuación (78).

$$f_a = \frac{P_{Total}}{A} \quad (77)$$

Donde:

$P_{Total}$ : Carga axial aplicada en la columna 465.767 [lbf]

$A$ : Área del perfil angular seleccionado 1.27 [plg<sup>2</sup>] (Anexo 22)

$$f_a = 0.367 \text{ [ksi]}$$

El esfuerzo de compresión axial permitido  $F_a$  requiere de parámetros propios del perfil electo en el manual de AISC [38] expuestos en el Anexo 23, estos son:

$k = 1$ : Apoyos de columnas empotrados

$$r_o = 0.726 \text{ [plg]}$$

$l_c$ : Longitud de la columna vertical= 0.95 [m] = 37.402 [plg]

$$\frac{k \cdot l_c}{r_o} = 51.518 \quad (78)$$

Basado en el Anexo 24 con  $\frac{k \cdot l_c}{r_o} = 52$  :  $F_a = 18.17 \text{ [ksi]}$  .

Ya que la carga aplicada a las columnas es totalmente axial, la relación entre la flexión  $f_b$  y esfuerzo de flexión permitido  $F_b$  es nula.

Reemplazando en la ecuación (76) se consigue:

$$\frac{0.367 [ksi]}{18.17 [ksi]} + 0 \leq 1$$

$$0.020 \leq 1$$

El resultado demuestra que el perfil es el conveniente para tolerar las cargas impuestas pues no hay peligro de pandeo. Es por ello que se opta por el bosquejo para construcción que muestra el Plano 002 del Anexo 48.

#### **1.1.16.4      *Análisis de elementos finitos sobre la estructura***

La Figura 41 estudia el esfuerzo de Von Mises aplicado sobre la estructura. Este gráfico permite la visualización de los puntos más críticos con un esfuerzo máximo de 124.614 [MPa] el cual mantiene un valor menor al del esfuerzo de fluencia del material  $S_y = 248 [MPa]$  , esto demuestra que el diámetro seleccionado tolera las cargas impuestas.

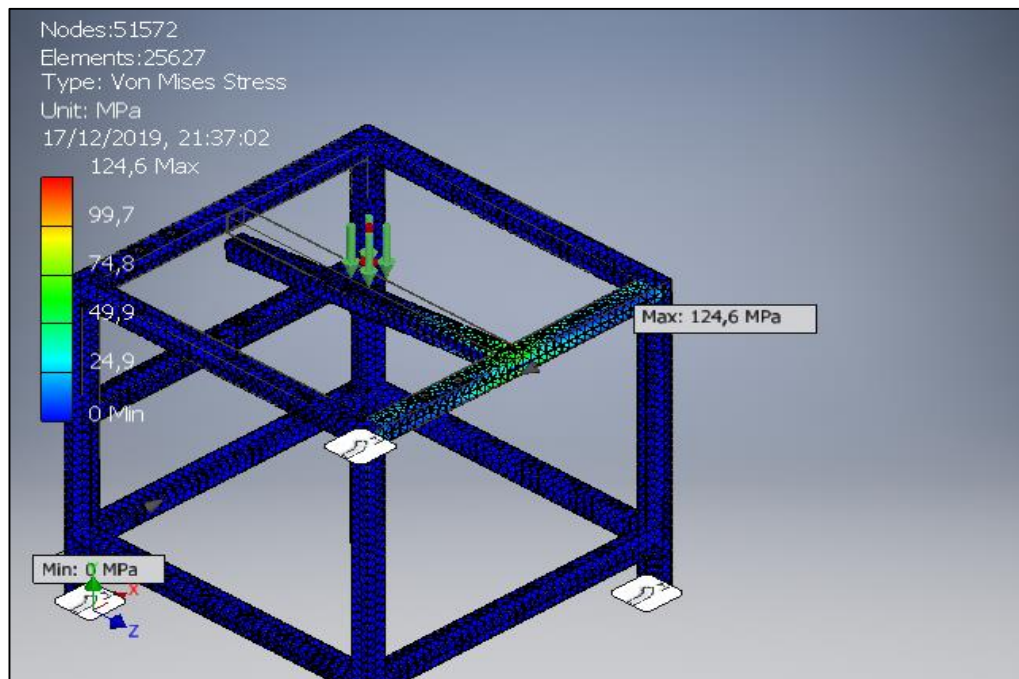


Figura 41: Análisis de elementos finitos sobre la estructura, esfuerzo de Von Mises

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

El resumen de resultados de la Figura 42 muestra los desplazamientos estáticos en dirección  $X$ ,  $Y$  y  $Z$  producidos por las cargas impuestas sobre la estructura, el máximo desplazamiento tiene un valor de 9.50122 [mm] el cual no se dará a notar debido a las dimensiones de la estructura y por lo tanto el bosquejo es considerado adecuado.

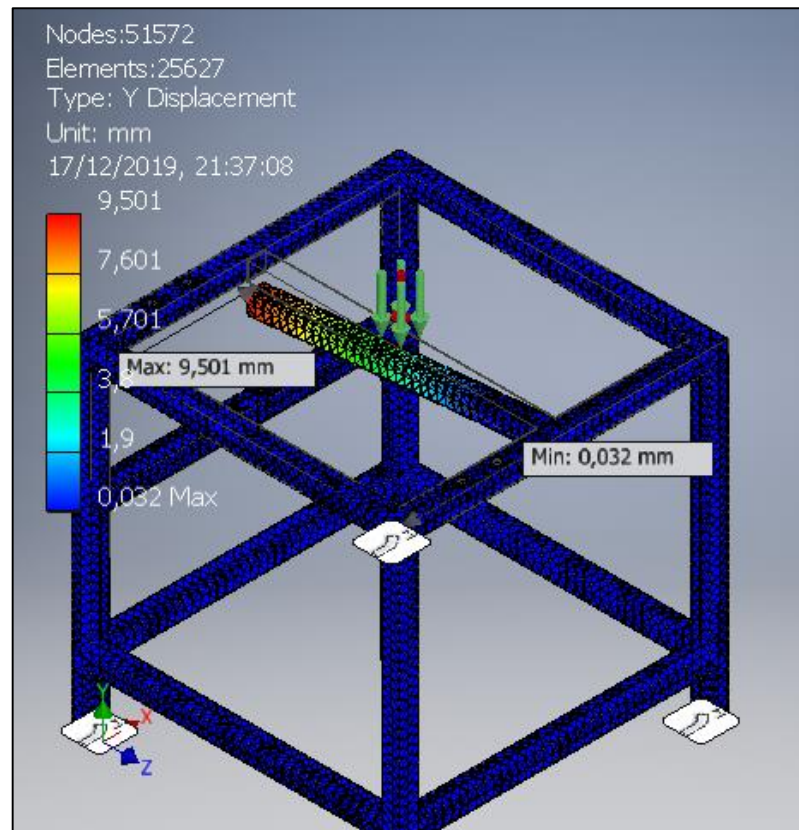


Figura 42: Análisis de elementos finitos sobre la estructura, desplazamiento máximo

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

### 1.1.17 Análisis de soldadura

Se realiza un estudio para verificar el estado de cordones de soldadura sobre la estructura, el metal de enlace debe poseer un esfuerzo permisible mayor que el esfuerzo de flexión al cual es sometida la estructura debido a las cargas aplicadas.

El esfuerzo de tensión aplicado a la estructura definido por [2] es dado por la Ecuación 80.

$$\sigma = \frac{P_t}{2 \cdot h \cdot l_s} \quad (79)$$

Donde:

$P_t$ : Fuerza aplicada sobre las uniones en la estructura = 2071.833 [N]

$h$ : Altura del cordón de suelda =  $\frac{3}{8}$  [plg] = 0.0095 [m]

$l_s$ : Longitud del cordón de soldadura = 2 [plg] = 0.0508 [m]

$$\sigma = 2.147 \text{ [MPa]}$$

El esfuerzo admisible del material de aporte viene formulado en la tabla del Anexo 25.

$$\sigma_{perm} = 0.60 (S_y) \quad (80)$$

Donde

$S_y$ : Factor de fluencia del material de aporte - Electrodo ER-6011 = 345 [MPa]

(Anexo 26).

$$\sigma_{perm} = 207 \text{ Mpa}$$

R Budynas, J. Nisbett [2] afirman que una unión soldada satisfactoria cumple con el teorema de la ecuación (81).

$$\sigma_{perm} \geq \sigma \quad (81)$$

Se reemplazan valores calculados y se comprueba:

$$207 \text{ Mpa} \geq 2.147 \text{ [MPa]}$$

#### 1.1.18 Selección de pernos

Con el objetivo de definir la cantidad de pernos requeridos para la fijación del motor y los componentes con los que se relaciona a la estructura es necesaria hallar la cantidad de pernos y sus especificaciones. Primero, se elige un perno recomendado

para el ajuste por [41] el cual en el mercado tiene denominación  $M10$  y un diámetro:  $d = 10 \text{ [mm]}$ . Sus dimensiones las muestra la Figura 43.

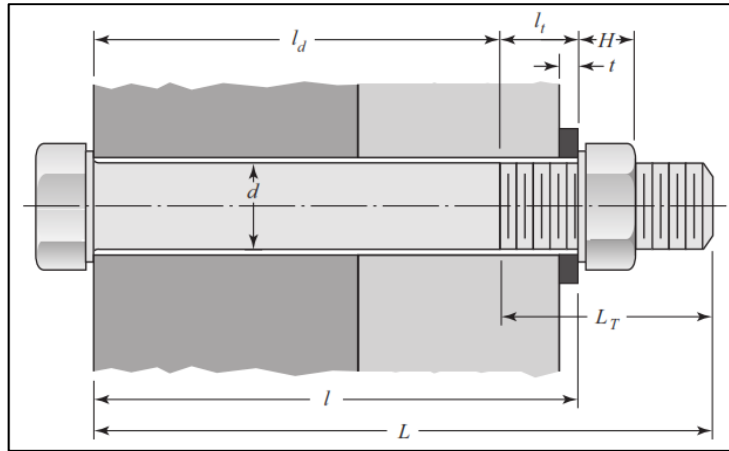


Figura 43: Dimensiones principales para un perno de unión  
Tomada de: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley [2]

La longitud de agarre es  $l = 60 \text{ [mm]}$ . A partir del Anexo 27, el espesor de la tuerca  $H = 8.4 \text{ [mm]}$ .

Al aumentar dos roscas a partir de la tuerca  $= 3 \text{ [mm]}$ , con paso de  $1.5 \text{ [mm]}$  para un diámetro de  $10 \text{ [mm]}$  (Anexo 28) se consigue una longitud del perno de:

$$L = 8.4 \text{ [mm]} + 60 \text{ [mm]} + 3 \text{ [mm]} = 71.4 \text{ [mm]} \quad (82)$$

Por el Anexo 29 el tamaño de perno siguiente es  $L = 80 \text{ [mm]}$ .

Del Anexo 29 para  $d = 10 \text{ [mm]}$ , se selecciona una  $A_t = 58 \text{ [mm}^2] = 5.8 \cdot 10^{-5} \text{ [m}^2]$ .

El área del mayor diámetro del perno es:

$$A_d = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (83)$$

Donde:

$d = \text{Diámetro del perno} = 0.01 \text{ [m]}$

$$A_d = 7.854 \cdot 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]} = 78.539 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Con los valores previamente calculados, la rigidez del perno resulta:

$$Kb = \frac{Ad \cdot At \cdot E_{\text{acero estructural}}}{Ad \cdot lt + At \cdot ld} \quad (84)$$

Donde:

$$E_{\text{acero estructural}} = 207 \text{ [GPa]} \text{ (Anexo 30)}$$

$$Kb = 261.496 \left[ \frac{\text{MN}}{\text{m}} \right]$$

Para la rigidez de los elementos, los valores  $A = 0.78715$  y  $B = 0.62873$  son extraídos del Anexo 30 y se reemplazan en la ecuación (86).

$$Km = E \cdot d \cdot A \cdot \exp\left(\frac{B \cdot d}{l}\right) \quad (85)$$

$$Km = 1,809 \left[ \frac{\text{GN}}{\text{m}} \right]$$

La constante de rigidez es:

$$C = \frac{kb}{kb + km} \quad (86)$$

$$C = 0.993$$

Del Anexo 31 se tiene  $S_p$  para perno tipo M10 hecho de acero bajo o medio carbono.

$$S_p = 380 [MPa]$$

La precarga recomendada es:

$$Fi = 0,75 \times At \times Sp \quad (87)$$

$$Fi = 16.530 [KN]$$

La reacción del motor  $R_{motor}$  que actúa sobre los pernos se calcula con la ecuación (89).

$$R_{motor} = \frac{T}{d} \quad (88)$$

Donde:

$T$ : Torque del motor= 71.209  $[N \cdot m]$

$d$ : Distancia entre centros de pernos en base de motor, establecida en [41] = 4.874  $[plg] = 0.124 [m]$

$$R_{motor} = 575.196 [N]$$

Con un factor de seguridad  $FS = 2$  extraído del Anexo 33, la cantidad de pernos necesaria es:

$$N = \frac{C \cdot FS \cdot R_{motor}}{Sp \cdot At - Fi} \quad (89)$$

$$N = 0.207 \approx 1$$

La reacción provocada por el motor tiene un valor bajo en comparación con la fuerza de ajuste que brinda un perno por lo que la cantidad necesaria calculado resulta 1.

Con el fin de obtener una fijación adecuada del motor y siguiendo con el diseño de su base mostrada por [41] se fija a la placa base con 4 pernos.

#### 1.1.19 Ventilador eléctrico

El ventilador eléctrico, de aquí en adelante mencionado como “blower”, es un equipo cuya función es soplar aire. Será ubicado de tal manera que al salir del tambor tanto las almendras peladas de cacao seco como su cáscara proveerá de corriente de aire a dichos productos para separar la cáscara liviana empujándola hacia otra salida. De esta manera las semillas de cacao seco, por poseer mayor peso y por gravedad, evacuarán por otra apertura sin su anterior envoltura.

Para una adecuada selección del equipo blower, primero se requiere hallar el incremento de presión que analiza [42] en la Ecuación (90).

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot H \quad (90)$$

Siendo:

$\Delta P$ : Incremento de presión

$\rho$ : Densidad del aire=  $1.2 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$

$g$ : Aceleración de la gravedad =  $9.8 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$

$H$ : Distancia entre blower y salida de cáscara=  $0.50 [m]$

$$\Delta P = 5.88 [Pa]$$

Luego, siguiendo la fórmula de Pitot (91) citada por [42] se consigue encontrar la velocidad del aire.



$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}} \quad (91)$$

$$V = 3.131 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Con el diámetro asumido= 2 [plg] se obtiene el área del blower.

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (92)$$

$$A = 0.002 [m^2]$$

Finalmente, se halla caudal con la ecuación (93) extraída de [42].

$$Q_{aire} = A \cdot V \quad (93)$$

$$Q_{aire} = 0.00626 \left[ \frac{m^3}{s} \right] = 22.539 \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

En el Anexo 32 se detallan los blowers existentes en el mercado diferenciados por su caudal de aire de trabajo, se escoge el equipo que mantenga un caudal mayor al requerido que es un blower cuyo diámetro de salida de aire es de 2 [plg] y trabaja a 110 [W] con 3600 [rpm] (Anexo 35).

#### 1.1.20 Conexión eléctrica

Se emplea un interruptor ON/OFF para el encendido y apagado del motor, conectado a éste por medio de un cable sólido doble #10.

La intensidad otorgada por el motor entrega una corriente de  $7.70/15.40$  [A].

### CAPÍTULO III

#### COSTOS

Se realiza un análisis económico de los procesos involucrados en el diseño y construcción de la descascarilladora de cacao, entre ellos: costos directos, indirectos, manufactura y diseño.

Los costos directos son aquellos procedimientos envueltos en la construcción de la máquina.

##### 1.1.21 Costo de materiales

Son los valores monetarios de la materia prima adquirida para ser mecanizada y se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Costo de Materiales

Costos de Materiales				
Ítem	Concepto	Cantidad	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
1	Plancha AISI 304 inox. (1.2 X 2.4) m X 2 mm	1	60,00	60,00
2	Plancha AISI 304 inox. perforada (1.2 X 2.4) m X 1 mm	1	140,00	140,00
3	Eje Acero de transmisión AISI 304 inox ø1 plg x 1 m	1	20,00	20,00
4	Eje Acero de transmisión AISI 1018 ø1 plg x 1 m	1	9,00	9,00
5	Plancha acero antideslizante (1.22 x 2.44)m x 2 mm	1	50,00	50,00
6	Tubo cuadrado (40 x 40) mm x 2 m	3	13,00	39,00
7	Galón pintura anticorrosiva negra	1	28,00	28,00
			Total	346.00

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

### 1.1.22 Costo de elementos normalizados

Los elementos normalizados son aquellos que se hallan en el mercado con sus precios y medidas ya específicas. Se los enumeran en la Tabla 6.

Tabla 6. Costos de Elementos Normalizados

Costos de Elementos Normalizados				
Ítem	Concepto	Cantidad	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
1	Motor combustión interna 0,5 HP	1	120,00	120,00
2	Chumacera de pared 1 plg	4	7,50	30,00
3	Polea de Aluminio 16 plg	2	28,00	56,00
4	Polea de Aluminio 4 plg	1	5,00	5,00
5	Polea de Aluminio 6 plg	1	6,00	6,00
6	Banda Jason	2	11,33	22,66
7	Garruchas	4	3,50	14,00
8	Perno cabeza hexagonal M10	12	0,15	1,80
9	Botonera ON-OFF	1	3,25	3,25
10	Cable sólido doble #10 (1 m)	1	1,00	1,00
11	Ventilador industrial 2 plg	1	32,00	32,00
Total				290,71

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

### 1.1.23 Tiempos de construcción

Son los tiempos tomados para la fabricación o mecanizado de cada componente de la máquina, se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Tiempo de Construcción

Tiempo empleado en cada proceso de manufactura			
ítem	Elemento	Tiempo [min]	Tiempo [h]
1	Tolva de Entrada	150	2,5
2	Tolva de Salida 1	180	3
3	Tolva de Salida 2	180	3
4	Carcasa	900	15
5	Eje Principal	180	3
6	Tambor	330	5,5
7	Estructura	450	7,5
Total Tiempo		2370	39,5

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

#### 1.1.24 Costo de maquinado

Son las tarifas hora-máquina postuladas por la referencia [43] para cada mecanizado, dependiendo del tiempo de uso respectivamente (Anexo 37).

Tabla 8. Costo de Maquinado

Costo de Maquinado			
Máquina	Tiempo en Horas [h]	Costo hora Máquina [USD]	Costo total [USD]
Torno	4	5,00	20,00
Sierra eléctrica	5	1,00	5,00
Taladro	5	3,00	15,00
Baroladora	4	5,00	20,00
Soldadora	5	5,00	25,00
Compresor	2	2,50	5,00
36		<b>Total</b>	90,00

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

### 1.1.25 Costo de mano de obra

Es el valor que cada individuo, operario o diseñador, significa durante la fabricación dependiendo de los salarios sugeridos por el Anexo 36. Los costos de mano de obra son desplegados en la Tabla 9 según el tiempo laborado.

Tabla 9. Costo de Mano de Obra

Costo de Mano de Obra					
Actividad	Tiempo en horas	50 % horas muertas	Tiempo total en horas	Costo hora mano de obra (USD)	Costo total mano de obra
Tornero	4	2	6	2,56	15,36
Soldador especializado	5	2,5	7,5	2,56	19,2
Operador baroladora	4	2	6	2,56	15,36
Operador sierra eléctrica y oxicorte	5	2,5	7,5	2,55	19,13
Operador taladro	5	2,5	7,5	2,52	19,13
Auxiliar mecánico	2	1	3	2,52	7,56
Total					95,74

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Los costos indirectos son los costos que no constan directamente en el proceso de manufactura, aquellos que son parte del costo de fabricación total pero no se conoce con precisión su cuantía de intervención en la producción de una máquina.

### 1.1.26 Costo de diseño

Es el valor monetario que representan el esfuerzo y tiempo de un individuo para consumir un proyecto; tales como diseño, bosquejo, deducciones, etc. Para hallarlo se calcula el 30% del costo total del proyecto.

### 1.1.27 Costos adicionales

Son costos no abarcados directamente en la elaboración de un artículo pero da un valor agregado importante al costo total de la máquina. Estos son: gastos financieros, administrativos, gastos de distribución, fletes para adquisición de materiales, mantenimientos y gastos sociales. Para hallarlos se calcula el 30% del total del proyecto.

En la Tabla 10 se visualiza el total de los costos directos, indirectos, mano de obra, costos de diseño y adicionales.

Tabla 10. Costo total de la máquina

Costo Total del Proyecto		
Tipo de costo	Descripción	Valor [USD]
Costos Directos	Costo de Materiales	346,00
	Costo de Materiales Normalizados	290,71
	Costo de Maquinado	90
	Costo de Mano de Obra	95,74
Costos Indirectos	Costos de Diseño 30%	246,74
	Costos Adicionales 10%	82,25
Total		1151,43

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

Para el cálculo de Ingresos y Egresos, Anecacao [11] explica que el valor de un quintal de cacao redondea los \$110. Por lo tanto un agrícola cacaotero vende 1 [kg] de producto a \$1.18, el cual se toma como valor monetario de la materia prima.

### 1.1.28 Cálculo del Ingreso Anual

Tabla 11. Ingreso Anual

Ingreso Anual		
Descripción	Cacao sin cáscara	
Peso (Kg)	1	25
Valor (USD)	1,50	37,50
Anual (USD)		49 500,00
Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray		

### 1.1.29 Cálculo del Egreso Anual

Tabla 12. Egreso Anual

Egreso Anual	
Descripción	Valor (\$/h)
Materia Prima	29.5
Combustible	2,50
Operario	2,25
Transporte	2,00
Mantenimiento	0,50
<b>Total</b>	<b>36.75</b>
<b>Anual (USD)</b>	<b>48 510,00</b>
Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray	

NOTA: Para el análisis económico de ingresos y egresos se simula el evento menos favorable con fases de 6 horas/día, 20 días/mes y 11 meses/año.

Las situaciones que provocarían un “evento menos favorable” son:

- Acciones de mantenimiento sobre la máquina (2 de 22 días laborables que tiene un mes usual).
- Limpieza y lubricación (1 hora diaria).
- Escasez de materia prima frecuente (1 hora diaria).



- Análisis financiero

### 1.1.30 Depreciación

El continuo uso de una máquina provoca desvalorización constante de su valor, dicho fenómeno es ligado a su tiempo de vida útil. Para su cálculo se hace uso de la ecuación (95).

$$D = \frac{C - V_R}{N} \quad (94)$$

Donde:

$D$ : Depreciación [\$/año]

$C$ : Costo [\$]

$V_R$ : Valor residual [\$] (10% del costo total)

$N$ : Vida útil= 10 [años]

$$D = \frac{1151,43 - 115,43}{10}$$

$$D = \$ 103,63$$

### 1.1.31 Flujo neto efectivo

El flujo neto de efectivo es la diferencia entre ingresos y egresos que representará la puesta en marcha de la máquina. Para un pronóstico más acertado, se hace uso de un porcentaje de inflación anual del 1.92% correspondiente al promedio de los últimos 5 años como lo muestra el Anexo 39.

Tabla 13: Flujo neto de efectivo anual

Año	Inversión inicial	Ingresos (USD)	Egresos (USD)	Depreciación (USD)	Flujo efectivo neto
0	-1151,43				-1151,43
1		49500.00	48510.00	103.63	886.37
2		50450.40	49441.39	103.63	905.38
3		51419.05	50390.67	103.63	924.75
4		52406.29	51358.17	103.63	944.50
5		53412.49	52344.24	103.63	964.62
6		54438.01	53349.25	103.63	985.13
7		55483.22	54373.56	103.63	1006.03
8		56548.50	55417.53	103.63	1027.34
9		57634.23	56481.55	103.63	1049.05
10		58740.81	57565.99	103.63	1071.19

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

### 1.1.32 Cálculo de VAN y TIR

Son métodos que determinarán la rentabilidad del proyecto en un determinado período.

La inversión inicial para ejecutar el proyecto se obtiene de la entidad financiera “Banco Central del Ecuador” con una tasa para microcréditos agrícolas y ganaderos del 19,67% (Anexo 38).

### 1.1.33 Valor actual neto (VAN)

Es una técnica financiera que mediante flujos de efectivos futuros comprobará la rentabilidad del proyecto.

El Van se calcula con la ecuación (96).

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1+i)^t} - I_o \quad (956)$$

Donde:

$f_t$ : Flujo efectivo de cada año.

$i$ : Interés microcrédito [19,67%]

$n$ : Periodo de tiempo [10 años]

$I_o$ : Inversión inicial

Tabla 14. VAN para un lapso de 10 años

Año	Flujo efectivo neto	VAN
0	-1258,39	-1258,39
1	886,37	740,68
2	905,38	632,21
3	924,75	539,60
4	944,50	460,53
5	964,62	393,03
6	985,13	335,41
7	1006,03	286,23
8	1027,34	244,25
9	1049,05	208,42
10	1071,19	177,83
		2866,76

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

El VAN se corrobora mediante los criterios:

- VAN < 0 Proyecto no rentable
- VAN = 0 No existe ganancia
- VAN > 0 Proyecto rentable

En la Tabla 14 se obtuvo un VAN: 2866.76 > 0 por lo que se deduce que la inversión es rentable.

#### 1.1.34 Tasa interna de retorno (TIR)

Es una técnica financiera que mediante el interés TIR comprobará la rentabilidad del proyecto, el TIR se iguala a cero con el VAN como lo denota la ecuación (97).

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1 + TIR)^t} = 0 \quad (97)$$

Donde:

$f_t$ : Flujo efectivo anual.

$n$ : Periodo de tiempo 10 [años]

$I_o$ : Inversión inicial.

Para analizar el TIR, es necesario seguir los siguientes criterios.

- Si  $TIR < i$  La inversión no es rentable, se generan pérdidas monetarias
- Si  $TIR = i$  La inversión ubica al proyecto en un punto de equilibrio
- Si  $TIR > i$  La inversión es rentable

TIR	0.72
-----	------

Se obtuvo un TIR del 72% que es mayor al interés  $i$  de 19,67%, por lo que se concluye que la inversión es rentable.

Período de recuperación de la inversión (PRI) (Pay-Back Period)

Es una técnica con la cual se precisa el tiempo requerido para recuperar la inversión inicial de un proyecto.

$$PRI = A + \frac{|B|}{C} \quad (98)$$

Donde:

A: Año correspondiente al último flujo acumulado fijo.

B: Flujo acumulado fijo último

C: Valor del flujo de efectivo neto correspondiente al siguiente año.

Tabla 15. Flujo acumulado por año

Año	Flujo efectivo neto	Flujo acumulado
0	-1258,39	-1258,39
1	886,37	-372,02
2	905,38	533,36
3	924,75	1458,11
4	944,50	2402,60
5	964,62	3367,22
6	985,13	4352,35
7	1006,03	5358,39
8	1027,34	6385,73
9	1049,05	7434,78
10	1071,19	8505,97

Elaborado por: Jonathan Celi y Jordy Tinizaray

$$PRI = 1 + \frac{|-372.02|}{905,38}$$

$$PRI = 1.41 \text{ [años]}$$

La inversión inicial será recuperada en un periodo de 1 año y 5 meses.

## CONCLUSIONES

- El acero inoxidable AISI 304 demostró ser el material de composición apropiado para la tolva, eje, tambor y carcasa ya que sus propiedades de grado alimenticio lo permiten entrar en contacto con los frutos del cacao sin verse afectado durante su uso. Para la estructura el acero A36 cumplió con los objetivos de soporte.
- El factor de seguridad empleado para cálculos de diseño de componentes importantes en la máquina es 2, haciendo uso del mismo durante la construcción se garantizó un funcionamiento adecuado y seguridad para futuros usuarios de la máquina.
- Mediante el software de diseño se ejecutó un análisis de deformación en los elementos donde se aplican cargas, el eje experimenta una deformación de  $0.831132 \text{ [mm]}$  la cual no es un motivo de ruptura. La estructura muestra un pandeo de  $9.50122 \text{ [mm]}$  el cual no incide gravemente en el diseño, es decir, la estructura no fallará pues la carga impuesta no genera una zona crítica sobre el elemento.
- La inversión inicial para la fabricación y ensamblaje de la descascarilladora fue de \$1151.43, mediante el análisis de periodo de recuperación se predijo que la inversión se recuperará en 1 año y 5 meses, momento desde el cual la máquina generará ingresos.
- Con una inversión de \$1151.43 para su construcción, el proyecto técnico actual demuestra ser una mejor alternativa para agricultores microempresarios en comparación con maquinaria que el mercado cacaotero propone. El Anexo 40 presume una típica máquina que tiene el mismo fin y capacidad de producción similar pero con un precio de adquisición más alto, redondea los \$1800.
- El Valor Actual Neto (VAN) resultó 2866.76, y la tasa interna de retorno (TIR) es 72%, valores que al ser mayor que 0 y mayor al interés del crédito (19.67%) correspondientemente atestiguan una rentabilidad propia del proyecto.
- El mecanismo diseñado para el pelado de nibs de cacao se consideró eficiente pues la cáscara desprendida no significó más del 25% de la semilla entera, de esta manera se consigue un ahorro sustancial de materia prima.

- La descascarilladora de cacao se erigió con el objetivo de cumplir una producción mínima de  $25 \left[ \frac{kg}{h} \right]$ , sin embargo, luego de corroborar su funcionalidad se evidenció que su capacidad consigue aumentar de acuerdo a la prontitud con la que se alimente la máquina. Esto quiere decir que la capacidad de producción de la máquina es proporcional a la cantidad de materia prima que ingresa.



## RECOMENDACIONES

- La aplicación de factores de seguridad sobre los componentes y el factor de servicio sobre el motor hacen posible que la máquina alcance su mayor rendimiento.
- El operario debe haber recibido instrucciones sobre el funcionamiento de la máquina para su operación.
- Es importante efectuar un reconocimiento de la máquina antes y después de usarla para evitar que posibles objetos obstruyan los sistemas mecánicos.
- El operario debe usar EPP adecuados para el uso de esta máquina, al trabajar bajo ruido constante producido por la máquina es indispensable el uso de protección auditiva.
- Realizar un precalentado de aproximadamente 10 segundos antes de usar la máquina para identificar el funcionamiento correcto de los componentes.
- Es recomendable que la máquina tenga un período de trabajo en el cual por 6 horas de trabajo, 1 hora de parada para evitar el recalentamiento de los componentes de la máquina y evitar que ese calor sea transferido a los granos de cacao ya que el punto de fusión es similar a la temperatura corporal de un humano.
- La clasificación previa de la materia prima es importante para evitar que objetos extraños ingresen al tambor de la máquina y puedan obstruir el paso de los granos de cacao.
- Es recomendable realizar un mantenimiento preventivo cada 6 meses de la máquina, para asegurar su vida útil.

## REFERENCIAS

- [1] B. J. Soriano y V. E. Sevilla, “CÁLCULO DE LAS TOLVAS DE ALMACENAMIENTO”, 2012.
- [2] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 9a ed., vol. 112, núm. 483. México D.F.: Mc Graw Hill Companies, Inc., 2008.
- [3] INTERROLL CORPORATE ART, “Rodillos Transportadores”, *INTERROLL*, vol. 1, p. 148, 2007.
- [4] MARIAKA, “Catálogo de productos - Cuchillas y discos industriales Mariaka”, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.mariaka.es/catalogo/>. [Consultado: 23-feb-2019].
- [5] J. Briceño, “TORNILLOS SIN FIN”, 2016.
- [6] Filtra Vibración S.L., “Tamizadora Industrial Circular”, Barcelona, 2015.
- [7] C. Nieto, L. Rafael, y O. Galvis, *Montaje de Poleas y Correas en “V”*, 1ra Edició. Bogotá: SENA, 1985.
- [8] The Timken Company, “SOPORTES TIMKEN ® CON RODAMIENTO DE BOLAS”, EE.UU., 2014.
- [9] E. De la Cruz y I. Pereira, “Historias, Saberes y Sabores en torno al cacao (*Theobroma cacao* L.) en la subregión de Barlovento, Estado Miranda”, *Sapiens. Rev. Univ. Investig.*, pp. 97–120, 2009.
- [10] A. Lopez Guerrero, “Producción y Comercialización de Cacao Fino de Aroma en el Ecuador - Año 2012-2014”, vol. 1, pp. 0–33, 2017.
- [11] Anecacao, “Tradición e innovación”, Lainez, Angélica, Ecuador, 2018.
- [12] V. C. Erazo Chamorro, “Máquina peladora rotatoria de maní tostado para la industria artesanal”, *Univ. Técnica del Norte*, p. 166, 2014.
- [13] N. A. Imbaquingo Imbaquingo y Ó. S. Ávila Ortiz, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA REMOVER LA CASCARILLA DE GRANOS DE CACAO PARA UNA PRODUCCIÓN DE 200 kg/h”, p. 191, 2012.
- [14] J. De La Cruz, M. . Vargas, y O. . Del Angel, “CACAO: Operaciones

- Poscosecha”, *Fao*, pp. 1–78, 2009.
- [15] L. Batista, “Guía Técnica: El Cultivo de Cacao”, *Cent. para el Desarro. Agropecu. y For. Inc*, pp. 9–185, 2009.
- [16] M&O Consulting, “Marco General de la Diversidad Genética del Cacao”, *Estud. Caracter. del Potencial Genético del Cacao en el Perú*, pp. 4–21, 2008.
- [17] H. Rosenbrock, “The Background to the Subject”, pp. 1–15, 2012.
- [18] D. Gonzales, “Cacao Fino y de Aroma del Ecuador ‘Cacao Arriba’”, *Univ. Buenos Aires*, p. 9, 2011.
- [19] S. E. López Medina, “Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) ‘cacao’”, *Arnaldoa*, vol. 24, núm. 2, pp. 609–618, 2017.
- [20] J. J. Paz y M. Cepeda, “La Época Cacaotera En Ecuador”, *Hist. Y Econ.*, vol. 3, núm. 03, pp. 1–10, 2011.
- [21] Á. S. Arvelo, D. L. González, S. A. Maroto, T. L. Delgado, y P. R. Montoya, *Manual técnico del cultivo de Cacao, Buenas practicas para America Latina*. 2017.
- [22] B. G. D. Bartley, “The terminology specific to cacao.”, *Genet. Divers. cacao its Util.*, pp. 14–24, 2005.
- [23] A. Gómez y M. Ormeño, *Selección de semilla y establecimiento de vivero para cacao*, núm. March. 2013.
- [24] N. Doster, J. Roque, A. Cano, M. La Torre, y M. Weigend, “Hoja botánica: Cacao”, *Botconsult GmbH*, p. 20, 2012.
- [25] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, “Boletín Situacional - Cacao”, pp. 1–6, 2017.
- [26] L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas, y G. Rovedas L., “INFLUENCIA DE VARIOS FACTORES SOBRE CARACTERÍSTICAS DEL GRANO DE CACAO FERMENTADO Y SECADO AL SOL”, vol. 59, núm. 2, pp. 119–127, 2009.
- [27] V. A. Sánchez, “Caracterización organoléptica del cacao (*Theobromacacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés

comercial.”, p. 83, 2007.

- [28] O. Preciado, C. I. Ocampo, y W. Ballesteros-Possú, “Caracterización del sistema tradicional de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en seir núcleos productivos del municipio de Tumaco, Nariño”, *Rev. ciencias Agric.*, vol. XXVIII, núm. 2, pp. 31–43, 2011.
- [29] LÍ. J. R. Lima, M. H. Almeida, M. J. Rob Nout, y M. H. Zwietering, “*Theobroma cacao* L., ‘the food of the gods’: Quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of fermentation”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 51, núm. 8, pp. 731–761, 2011.
- [30] Anacafe (asociacion nacional del cafe), “Cultivo De Cacao”, p. 24, 2004.
- [31] Y. A. Mazariegos Perez, “El cultivo del cacao (*Theobroma Cacao*. L.) en el Sureste de México”, *Univ. Auton. Agrar. Antonio Narro*, vol. 2, núm. 5, p. 255, 2009.
- [32] A. Branch *et al.*, “Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao”, p. 110, 2015.
- [33] J. Vera Chang, C. Vallejo Torres, D. Párraga Moran, W. Morales Rodriguez, J. Macías Véliz, y R. Ramos Remache, “Atributos físicos-químicos y sensoriales de las Almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* l.) en el Ecuador”, *Biotechnol. fruit nut Crop.*, vol. 7, núm. 2, pp. 639–669, 2009.
- [34] A. Leal Gonzalez, “MOLINO TRITURADOR”, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=liUneHj7wXk>. [Consultado: 16-oct-2019].
- [35] R. L. Norton, *Diseño de máquinas*, 4a ed. México: Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall © 2011. All, 2011.
- [36] R. C. Hibbeler, *ESTÁTICA - MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS*, 10ma ed. México: PEARSON EDUCACIÓN DE MÉXICO S.A., 2004.
- [37] R. C. HIBBELER, *DINÁMICA*, 12a ed. México: Pearson Education Inc., 2010.

- [38] AISC, *Allowable Stress Design - MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION*, 9th ed., vol. I. Chicago - Illinois, 2001.
- [39] S. Cardona Foix y D. Clos Costa, “Teoría de máquinas”, *UPC*, p. 253, 2001.
- [40] F. Vargas, “Transmisiones de correa y de cadena”, *Univ. Fermín Toro*, p. 8, 2016.
- [41] WEG S/A, “Motor Monofásico de Inducción - Rotor de Jaula”. Quito, p. 3, 2015.
- [42] J. M. Cimbala y Y. a. Cengel, “Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones”, *McGrawHill*, vol. Primera Ed, pp. 10–11, 2001.
- [43] D. F. Reyes, “Sistema de costeo para una empresa de producción”, *Tarif. Hora-Máquina*, 2006.

## ANEXOS

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					
			Fluencia	Última	A la fractura,	Coefficiente	Resistencia a la	Resistencia a
			$S_y$	$S_u$	$\sigma_f$	$\sigma_0$	deformación, exponente $m$	la fractura $e_f$
			MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)		
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) <sup>1</sup>	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) <sup>1</sup>	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) <sup>1</sup>	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	TyR 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273) <sup>1</sup>	0.041	0.81
4142	Acero	TyR 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255) <sup>1</sup>	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221) <sup>1</sup>	1410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233) <sup>1</sup>	1270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) <sup>1</sup>	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) <sup>1</sup>	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) <sup>1</sup>	882 (128)	0.13	0.18

\* Los valores se tomaron de una o dos coladas y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fricción puede variar hasta en 100%.

<sup>1</sup> Valor derivado.

**Anexo 1.** Especificaciones generales del acero AISI 304.

### Norma: AISI 304

#### Especificaciones Generales:

**ESPEORES** desde 0.40-15mm

**DIMENSIONES** 1220 x 2440mm (estándar)  
1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm <sup>2</sup>	Psi	Kg/mm <sup>2</sup>	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

**Anexo 2.** Planchas de acero inoxidable en el mercado.

CARACTERISTICAS	GRANOS		
	MAIZ	MANÍ	CACAO
Velocidad de pelado (vueltas /minuto)	25	50	50
Rendimiento (kg/h)	de 0 A 100	de 0 A 100	de 0 A 100

**Anexo 3.** Velocidad angular recomendada para el descascarillado de cacao

Cliente		: Jonathan Andres Celi Zapata	
Línea del producto		: General Monofásico	Código del producto : 10264915
Carcasa		: D56	Tiempo de rotor bloqueado : 10s (frío) 6s (caliente)
Potencia		: 0.5 HP (0.37 kW)	Elevación de temperatura : 80 K
Polos		: 6	Régimen de servicio : Cont.(S1)
Frecuencia		: 60 Hz	Temperatura ambiente : -20°C hasta +40°C
Tensión nominal		: 115/208-230 V	Altitud : 1000 m
Corriente nominal		: 7.20/3.50-3.60 A	Grado de protección : IP55
Corriente de arranque		: 41.0/20.0-20.5 A	Método de refrigeración : IC411 - TEFC
Ip/In		: 5.7x(Cód. L)	Forma constructiva : F-1
Corriente en vacío		: 5.60/2.41-2.80 A	Sentido de giro <sup>1</sup> : Ambos
Rotación nominal		: 1180 rpm	Nivel de ruido <sup>2</sup> : 50.0 dB(A)
Resbalamiento		: 1.67 %	Método de Arranque : Partida directa
Torque nominal		: 2.98 Nm	Masa aproximada <sup>3</sup> : 16.7 kg
Torque de arranque		: 250 %	
Torque máximo		: 300 %	
Clase de aislamiento		: B	
Factor de servicio		: 1.15	
Momento de inercia (J)		: 0.0060 kgm <sup>2</sup>	
Potencia	50%	75%	100%
Rendimiento (%)	58.0	67.0	71.0
Cos Φ	0.47	0.55	0.63
Fuerzas en la fundación			
Tracción máxima : 206 N			
Compresión máxima : 370 N			

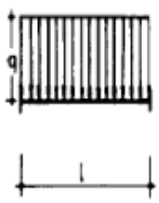
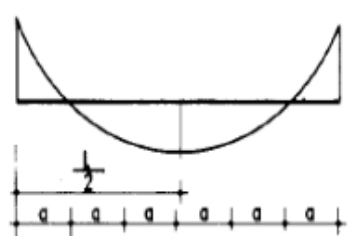
**Anexo 4.** Datos técnicos del motor seleccionado.

Grano	Fuerza aplicada F [N]
1	155
2	282
3	247
4	281
5	392
6	288
7	157
8	296
9	275
10	182

**Anexo 5.** Fuerza recomendada para el descascarillado de cacao

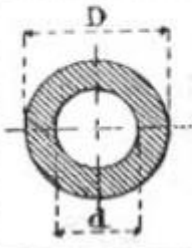
DENSIDAD APARENTE	
PRODUCTOS AGRICOLAS SOLIDOS	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
Alfalfa, granos	750 - 800
Algodón, granos con su fibra	420
Algodón, granos no apretados	100 - 120
Arroz cáscara	500 - 630
Arroz, gavillas	80 - 120
Arroz blanqueado	800 - 850
Arroz de embarque (descascarado)	700 - 750
Avena	500 - 540
Cacahuete con cáscara para aceite	370 - 400
<b>Cacahuete sin cáscara</b>	<b>600 - 620</b>
Cacahuete con cáscara para consumo directo	270 - 300
Cacao (granos frescos)	900
Cacao (granos fermentados)	775
Cacao (granos secos)	635
Café (granos frescos)	620
Café comercial	715
Café (granos secos)	450
Cebada	550 - 690
Frijoles o habichuelas, granos	750 - 850
Guisantes	800 - 880
Lino	600 - 680
Maíz, granos	700 - 820
Maíz, mazorcas peladas	450
Malta	530 - 600
Mijo	700
Soja, granos	720 - 800
Sorgo, granos	670 - 760
Trigo	750 - 840
Harina	500 - 800

Anexo 6. Densidad de algunos productos agrícolas.

SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
 <p>nº de fuerzas=n-1</p>	$\mu_A = \frac{ql^2}{12}$ $\mu_B = -\frac{ql^2}{12}$	$R_A = \frac{ql}{2}$ $R_B = \frac{ql}{2}$	

Anexo 7. Viga perfectamente empotrada



CROQUIS de la sección	MÓDULO $Z$ de la sección	ÁREA $A$ de la sección
	$\frac{\pi}{32} \times \frac{D^3 - d^3}{D}$	$\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$

**Anexo 8.** Croquis de secciones circulares huecas

Diámetros mínimos en mm				
Caballos de fuerza (HP)	RPM de Motor			
	900	1200	1800	3600
0,50	65	-	-	-
0,75	65	65	-	-
1,00	65	65	60	-
1,50	75	65	65	60
2,00	75	65	65	65
3,00	75	75	65	65
5,00	100	75	75	65
7,50	115	100	75	75
10,00	115	115	100	75
15,00	135	115	115	100
20,00	155	135	115	115
25,00	170	155	115	115
30,00	170	170	135	-
40,00	210	170	155	-
50,00	230	210	170	-
60,00	260	230	190	-
75,00	260	260	230	-
100,00	350	350	250	-
125,00	380	350	280	-
150,00	465	350	-	-
200,00	550	-	-	-
250,00	-	-	-	-
300,00	-	-	-	-

**Anexo 9.** Diámetros de poleas recomendados.

## "A" SECTION 0.5" TOP WIDTH x 0.31" THICKNESS x 40° ANGLE

● Note - For A Section, add 2 inches for outside length - Example: A15 + 2 Inches = 17" approximate outside length

Belt			Outside			Approx.			Belt			Outside			Approx.			Belt			Outside			Approx.		
Number			Length			Weight			Number			Length			Weight			Number			Length			Weight		
			(In.)			(lbs.)						(In.)			(lbs.)						(In.)			(lbs.)		
A15	4L160	16.0	0.10	A46	4L480	48.0	0.30	A78	4L800	80.0	0.40	A111	113.0	0.75												
A16	4L170	17.0	0.10	A47	4L490	49.0	0.30	A79	4L810	81.0	0.40	A112	114.0	0.80												
A17	4L180	18.0	0.10	A48	4L500	50.0	0.30	A80	4L820	82.0	0.40	A113	115.0	0.80												
A18	4L190	19.0	0.10	A49	4L510	51.0	0.30	A81	4L830	83.0	0.40	A114	116.0	0.80												
A19	4L200	20.0	0.10	A50	4L520	52.0	0.30	A82	4L840	84.0	0.40	A115	117.0	0.80												
A20	4L210	21.0	0.10	A51	4L530	53.0	0.30	A83	4L850	85.0	0.40	A116	118.0	0.80												
A21	4L220	22.0	0.10	A52	4L540	54.0	0.30	A84	4L860	86.0	0.40	A118	120.0	0.80												
A22	4L230	23.0	0.10	A53	4L550	55.0	0.30	A85	4L870	87.0	0.40	A119	121.0	0.80												
A23	4L240	24.0	0.15	A54	4L560	56.0	0.30	A86	4L880	88.0	0.40	A120	122.0	0.80												
A24	4L250	25.0	0.20	A55	4L570	57.0	0.30	A87	4L890	89.0	0.40	A124	126.0	0.80												
A25	4L260	26.0	0.20	A56	4L580	58.0	0.30	A88	4L900	90.0	0.40	A128	128.0	0.80												
A26	4L270	27.0	0.20	A57	4L590	59.0	0.30	A89	4L910	91.0	0.40	A130	132.0	0.80												
A27	4L280	28.0	0.20	A58	4L600	60.0	0.30	A90	4L920	92.0	0.40	A133	135.0	0.80												
A28	4L290	29.0	0.20	A59	4L610	61.0	0.30	A91	4L930	93.0	0.50	A134	136.0	0.80												
A29	4L300	30.0	0.20	A60	4L620	62.0	0.30	A92	4L940	94.0	0.50	A135	137.0	0.90												
A30	4L310	31.0	0.20	A61	4L630	63.0	0.30	A93	4L950	95.0	0.50	A136	138.0	0.90												
A31	4L320	32.0	0.20	A62	4L640	64.0	0.30	A94	4L960	96.0	0.50	A137	139.0	0.90												
A32	4L330	33.0	0.20	A63	4L650	65.0	0.30	A95	4L970	97.0	0.50	A140	142.0	0.95												
A33	4L340	34.0	0.20	A64	4L660	66.0	0.30	A96	4L980	98.0	0.50	A144	146.0	1.00												
A34	4L350	35.0	0.20	A65	4L670	67.0	0.30	A97	4L990	99.0	0.50	A157	159.0	1.10												
A35	4L360	36.0	0.20	A66	4L680	68.0	0.40	A98	4L1000	100.0	0.50	A158	160.0	1.10												
A36	4L370	37.0	0.20	A67	4L690	69.0	0.40	A99		101.0	0.50	A162	162.0	1.10												
A37	4L380	38.0	0.20	A68	4L700	70.0	0.40	A100		102.0	0.50	A173	175.0	1.15												
A38	4L390	39.0	0.20	A69	4L710	71.0	0.40	A101		103.0	0.50	A180	182.0	1.15												
A39	4L400	40.0	0.20	A70	4L720	72.0	0.40	A103		105.0	0.50	A196	198.0	1.31												
A40	4L410	41.0	0.20	A71	4L730	73.0	0.40	A104		106.0	0.50	A197	199.0	1.31												
A41	4L420	42.0	0.20	A72	4L740	74.0	0.40	A105		107.0	0.50	A210	212.0	1.35												
A42	4L430	43.0	0.20	A73	4L750	75.0	0.40	A106		108.0	0.55	A221	223.0	1.40												
A43	4L440	44.0	0.20	A74	4L760	76.0	0.40	A107		109.0	0.57	A256	258.0	1.70												
A44	4L450	45.0	0.30	A75	4L770	77.0	0.40	A108		110.0	0.60	A258	260.0	1.75												
A45	4L460	46.0	0.30	A76	4L780	78.0	0.40	A109		111.0	0.65															
	4L470	47.0	0.30	A77	4L790	79.0	0.40	A110		112.0	0.70															

Anexo 10. Tabla para seleccionar longitud primitiva de la correa.

Material	Especificación	Tamaño, pulg	Diámetro mínimo de la polea, pulg	Tensión permisible por ancho unitario a 600 pies/min, lbf/pulg	Peso específico, lbf/pulg <sup>3</sup>	Coefficiente de fricción
Cuero	1 capa	$t = \frac{11}{64}$	3	30	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{13}{64}$	3 $\frac{1}{2}$	33	0.035-0.045	0.4
	2 capas	$t = \frac{18}{64}$	4 $\frac{1}{2}$	41	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{20}{64}$	6"	50	0.035-0.045	0.4
		$t = \frac{23}{64}$	9"	60	0.035-0.045	0.4
Poliamida <sup>b</sup>	F-0 <sup>c</sup>	$t = 0.03$	0.60	10	0.035	0.5
	F-1 <sup>c</sup>	$t = 0.05$	1.0	35	0.035	0.5
	F-2 <sup>c</sup>	$t = 0.07$	2.4	60	0.051	0.5
	A-2 <sup>c</sup>	$t = 0.11$	2.4	60	0.037	0.8
	A-3 <sup>c</sup>	$t = 0.13$	4.3	100	0.042	0.8
	A-4 <sup>c</sup>	$t = 0.20$	9.5	175	0.039	0.8
	A-5 <sup>c</sup>	$t = 0.25$	13.5	275	0.039	0.8
Uretano <sup>d</sup>	w = 0.50	$t = 0.062$	Vea la tabla	5.2 <sup>e</sup>	0.038-0.045	0.7
	w = 0.75	$t = 0.078$	17-3	9.8 <sup>e</sup>	0.038-0.045	0.7
	w = 1.25	$t = 0.090$		18.9 <sup>e</sup>	0.038-0.045	0.7
	Redonda	$d = \frac{1}{4}$	Vea la tabla	8.3 <sup>e</sup>	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{3}{4}$	17-3	18.6 <sup>e</sup>	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{1}{2}$		33.0 <sup>e</sup>	0.038-0.045	0.7
		$d = \frac{3}{4}$		74.3 <sup>e</sup>	0.038-0.045	0.7

Anexo 11. Propiedades de algunos materiales de las bandas planas y redondas.

Acero 304 Propiedades Mecanicas	
Densidad	7.93 g/cm3
Punto de fusion	1398-1454 °C
Calor especifico (Capacidad calorífica específica)	500 J/(Kg·K) a 20°C
Resistividad electrica	0.73 μΩ·m (20°C)
Permeabilidad magnética	1.02 (Aproximado)
Modulo elastico	193 GPa (28×10 <sup>6</sup> psi)
Difusividad térmica	3.84 mm <sup>2</sup> /s
Coeficiente de conductividad termica	16.3 (100 °C)
	21.5 (500 °C)
Coeficiente de dilatacion lineal	17.2 (0-100 °C)
	17.8 (0-300 °C)
	18.4 (0-500 °C)

**Anexo 12.** Propiedades mecánicas del acero AISI 304.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{utr}$ kpsi	$S_{utr}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

**Anexo 13.** Factor de superficie  $k_a$

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

**Anexo 14.** Factor de superficie  $k_b$

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

**Anexo 15.** Factor de superficie  $k_c$

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

**Anexo 16.** Factor de superficie  $k_d$

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_a$	Factor de confiabilidadr $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

**Anexo 17.** Factor de confiabilidad  $k_e$

Dimensiones							Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite con tolerancia de eje h6	Masa	Designación
d	D	B	C	d <sub>1</sub>	s <sub>1</sub>	r <sub>1,2</sub>	C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>			
pulg./mm	mm					mín.	kN		kN	r. p. m.	kg	—
<b>3/4</b> 19,05	47	31	14	28,2	18,3	0,6	12,7	6,55	0,28	8 500	0,14	<b>E2.YAR 204-012-2F</b>
<b>7/8</b> 22,225	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,21	<b>E2.YAR 205-014-2F</b>
<b>15/16</b> 23,813	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,2	<b>E2.YAR 205-015-2F</b>
<b>1</b> 25,4	52	34,1	15	33,7	19,8	0,6	14	7,8	0,335	7 000	0,18	<b>E2.YAR 205-100-2F</b>

#### Anexo 18. Propiedades de rodamiento E2.YAR 205-015-2F

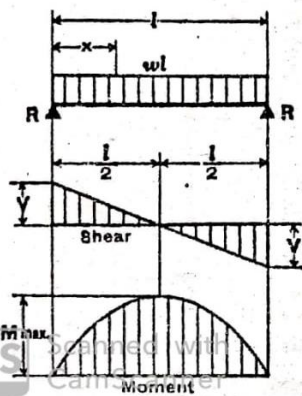
Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidad límite	Masa	Designación del soporte	Designación del rodamiento	Designación adecuada de la tapa lateral	Designación de la unidad
dinámica	estática							
C	C <sub>0</sub>	P <sub>u</sub>						
kN		kN	r. p. m.	kg	—	—	—	—
12,7	6,55	0,28	8 500	0,26	SYK 504	E2.YET 204	ECY 204	SYK 20 FE
14	7,8	0,335	7 000	0,31	SYK 505	E2.YET 205	ECY 205	SYK 25 FE
19,5	11,2	0,475	6 300	0,50	SYK 506	E2.YET 206	ECY 206	SYK 30 FE
25,5	15,3	0,655	5 300	0,69	SYK 507	E2.YET 207	ECY 207	SYK 35 FE
30,7	19	0,8	4 800	0,86	SYK 508	E2.YET 208	ECY 208	SYK 40 FE

#### Anexo 19. Unidades de rodamientos Y SKF E2 con soporte de pie de material compuesto con anillo de fijación excéntrico, para ejes métricos.

Hp	Service Factor					
	Synchronous Speed, Rpm					
	3600	1800	1200	900	720	600
1/20	1.4	1.4	1.4	1.4	...	...
1/12	1.4	1.4	1.4	1.4	...	...
1/8	1.4	1.4	1.4	1.4	...	...
1/6	1.35	1.35	1.35	1.35	...	...
1/4	1.35	1.35	1.35	1.35	...	...
1/3	1.35	1.35	1.35	1.35	...	...
1/2	1.25	1.25	1.25	1.15*	...	...
3/4	1.25	1.25	1.15*	1.15*	...	...
1	1.25	1.15*	1.15*	1.15*	...	...
1-1/2-125	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*
150	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*
200	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	1.15*	...
250	1.0	1.15*	1.15*	1.15*	...	...

Anexo 20. Factor de Servicio para motores.

### 1. SIMPLE BEAM—UNIFORMLY DISTRIBUTED LOAD



$$\text{Total Equiv. Uniform Load} \dots = wl$$

$$R = V \dots = \frac{wl}{2}$$

$$V_x \dots = w \left( \frac{l}{2} - x \right)$$

$$M_{\text{max. (at center)}} \dots = \frac{wl^2}{8}$$

$$M_x \dots = \frac{wx}{2} (l - x)$$

$$\Delta_{\text{max. (at center)}} \dots = \frac{5wl^4}{384EI}$$

$$\Delta_x \dots = \frac{wx}{24EI} (l^3 - 2lx^2 + x^3)$$

Anexo 21. Momento máximo en el centro de una viga con carga uniformemente distribuida.

Límite de Fluencia Mínimo $\sigma_y$		Esfuerzo de Tensión Admisible en la Sección Neta			
		Excepto en la sección con agujero para pasador 60% del $\sigma_y$		En sección con agujeros para pasadores instalados o miembros armados 45% del $\sigma_y$	
Ksi	Kg/cm <sup>2</sup>	Ksi	Kg/cm <sup>2</sup>	Ksi	Kg/cm <sup>2</sup>
36	2530	22	1550	16.2	1140
42	2950	25.2	1770	19	1340
45	3160	27	1900	20.3	1430
50	3520	30	2110	22.5	1580
55	3870	33	2320	24.8	1740
60	4220	36	2530	27	1900
65	4570	39	2740	29.3	2060
90	6330	52.5*	3690	40.5	2850
100	7030	57.5*	4040	45	3160

**Anexo 22.** Esfuerzos permisibles en tensión según normas AISC.

# STRUCTURAL TUBING Square Dimensions and properties

Dimensions			Properties**						
Nominal* Size	Wall Thickness		Weight per Ft	Area	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>J</i>	<i>Z</i>
In.	In.		Lb.	In. <sup>2</sup>	In. <sup>4</sup>	In. <sup>3</sup>	In.	In. <sup>4</sup>	In. <sup>3</sup>
4.5x4.5	0.2500	1/4	13.91	4.09	12.1	5.36	1.72	19.7	6.43
	0.1875	3/16	10.70	3.14	9.60	4.27	1.75	15.4	5.03
4x4	0.5000	1/2	21.63	6.36	12.3	6.13	1.39	21.8	8.02
	0.3750	3/8	17.27	5.08	10.7	5.35	1.45	18.4	6.72
	0.3125	5/16	14.83	4.36	9.58	4.79	1.48	16.1	5.90
	0.2500	1/4	12.21	3.59	8.22	4.11	1.51	13.5	4.97
	0.1875	3/16	9.42	2.77	6.59	3.30	1.54	10.6	3.91
3.5x3.5	0.3125	5/16	12.70	3.73	6.09	3.48	1.28	10.4	4.35
	0.2500	1/4	10.51	3.09	5.29	3.02	1.31	8.82	3.70
	0.1875	3/16	8.15	2.39	4.29	2.45	1.34	6.99	2.93
3x3	0.3125	5/16	10.58	3.11	3.58	2.39	1.07	6.22	3.04
	0.2500	1/4	8.81	2.59	3.16	2.10	1.10	5.35	2.61
	0.1875	3/16	6.87	2.02	2.60	1.73	1.13	4.28	2.10
2.5x2.5	0.3125	5/16	8.45	2.48	1.87	1.50	0.868	3.32	1.96
	0.2500	1/4	7.11	2.00	1.69	1.35	0.899	2.92	1.71
	0.1875	3/16	5.59	1.64	1.42	1.14	0.930	2.38	1.40
2x2	0.3125	5/16	6.32	1.86	0.815	0.815	0.662	1.49	1.11
	0.2500	1/4	5.41	1.59	0.766	0.766	0.684	1.36	1.00
	0.1075	3/32	4.32	1.27	0.668	0.668	0.726	1.15	0.840

\*Outside dimensions across flat sides.

\*\*Properties are based upon a nominal outside corner radius equal to two times the wall thickness.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

**Anexo 23.** Dimensiones y propiedades de perfiles cuadrados



<b>Table C-36</b> <b>Allowable Stress</b> <b>For Compression Members of 36-ksi Specified Yield Stress Steel<sup>a</sup></b>							
$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)	$\frac{Kl}{r}$	$F_a$ (ksi)
1	21.56	41	19.11	81	15.24	121	10.14
2	21.52	42	19.03	82	15.13	122	9.99
3	21.48	43	18.95	83	15.02	123	9.85
4	21.44	44	18.86	84	14.90	124	9.70
5	21.39	45	18.78	85	14.79	125	9.55
6	21.35	46	18.70	86	14.67	126	9.41
7	21.30	47	18.61	87	14.56	127	9.26
8	21.25	48	18.53	88	14.44	128	9.11
9	21.21	49	18.44	89	14.32	129	8.97
10	21.16	50	18.35	90	14.20	130	8.84
11	21.10	51	18.26	91	14.09	131	8.70
12	21.05	52	18.17	92	13.97	132	8.57
13	21.00	53	18.08	93	13.84	133	8.44
14	20.95	54	17.99	94	13.72	134	8.32
15	20.89	55	17.90	95	13.60	135	8.19
16	20.83	56	17.81	96	13.48	136	8.07
17	20.78	57	17.71	97	13.35	137	7.96
18	20.72	58	17.62	98	13.23	138	7.84
19	20.66	59	17.53	99	13.10	139	7.73
20	20.60	60	17.43	100	12.98	140	7.62
21	20.54	61	17.33	101	12.85	141	7.51
22	20.48	62	17.24	102	12.72	142	7.41
23	20.41	63	17.14	103	12.59	143	7.30
24	20.35	64	17.04	104	12.47	144	7.20
25	20.28	65	16.94	105	12.33	145	7.10
26	20.22	66	16.84	106	12.20	146	7.01
27	20.15	67	16.74	107	12.07	147	6.91
28	20.08	68	16.64	108	11.94	148	6.82
29	20.01	69	16.53	109	11.81	149	6.73
30	19.94	70	16.43	110	11.67	150	6.64
31	19.87	71	16.33	111	11.54	151	6.55
32	19.80	72	16.22	112	11.40	152	6.46
33	19.73	73	16.12	113	11.26	153	6.38
34	19.65	74	16.01	114	11.13	154	6.30
35	19.58	75	15.90	115	10.99	155	6.22
36	19.50	76	15.79	116	10.85	156	6.14
37	19.42	77	15.69	117	10.71	157	6.06
38	19.35	78	15.58	118	10.57	158	5.98
39	19.27	79	15.47	119	10.43	159	5.91
40	19.19	80	15.36	120	10.28	160	5.83
<sup>a</sup> When element width-to-thickness ratio exceeds noncompact section limits of Sect. B5.1, see Appendix B5. Note: $C_b = 1.25$							
AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION							

**Anexo 24.** Valores para esfuerzos permitidos en perfiles de A-36

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^{\dagger}$	

**Anexo 25.** Esfuerzos permisibles



NÚMERO DE ELECTRODO	RESISTENCIA ÚLTIMA kpsi (MPA)	RESISTENCIA DE FLUENCIA kpsi (MPA)	ELONGACIÓN %
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

**Anexo 26.** Propiedades de resistencia mínima de algunos electrodos

Tamaño nominal , mm	Ancho W	Altura H		
		Hexagonal regular	Gruesa ranurada	Contra-tuerca
M5	8	4.7	5.1	2.7
M6	10	5.2	5.7	3.2
M8	13	6.8	7.5	4.0
M10	16	8.4	9.3	5.0
M12	18	10.8	12.0	6.0
M14	21	12.8	14.1	7.0
M16	24	14.8	16.4	8.0
M20	30	18.0	20.3	10.0
M24	36	21.5	23.9	12.0
M30	46	25.6	28.6	15.0
M36	55	31.0	34.7	18.0

**Anexo 27.** Parámetros de altura de cabeza del perno según su clasificación

Fracción de pulgadas	
$\frac{1}{64}, \frac{1}{32}, \frac{1}{16}, \frac{3}{32}, \frac{1}{8}, \frac{5}{32}, \frac{3}{16}, \frac{1}{4}, \frac{5}{16}, \frac{3}{8}, \frac{7}{16}, \frac{1}{2}, \frac{9}{16}, \frac{5}{8}, \frac{11}{16}, \frac{3}{4}, \frac{7}{8}, 1, 1\frac{1}{4}, 1\frac{1}{2}, 1\frac{3}{4}, 2, 2\frac{1}{4}, 2\frac{1}{2}, 2\frac{3}{4}, 3, 3\frac{1}{4}, 3\frac{1}{2}, 3\frac{3}{4}, 4, 4\frac{1}{4}, 4\frac{1}{2}, 4\frac{3}{4}, 5, 5\frac{1}{4}, 5\frac{1}{2}, 5\frac{3}{4}, 6, 6\frac{1}{2}, 7, 7\frac{1}{2}, 8, 8\frac{1}{2}, 9, 9\frac{1}{2}, 10, 10\frac{1}{2}, 11, 11\frac{1}{2}, 12, 12\frac{1}{2}, 13, 13\frac{1}{2}, 14, 14\frac{1}{2}, 15, 15\frac{1}{2}, 16, 16\frac{1}{2}, 17, 17\frac{1}{2}, 18, 18\frac{1}{2}, 19, 19\frac{1}{2}, 20$	
Décimas de pulgadas	
0.010, 0.012, 0.016, 0.020, 0.025, 0.032, 0.040, 0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 2.0, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2, 4.4, 4.6, 4.8, 5.0, 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 6.0, 7.0, 7.5, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0, 11.5, 12.0, 12.5, 13.0, 13.5, 14.0, 14.5, 15.0, 15.5, 16.0, 16.5, 17.0, 17.5, 18.0, 18.5, 19.0, 19.5, 20	
Milímetros	
0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300	
Números de Renard*	
1a. elección, R5: 1, 1.6, 2.5, 4, 6.3, 10	
2a. elección, R10: 1.25, 2, 3.15, 5, 8	
3a. elección, R20: 1.12, 1.4, 1.8, 2.24, 2.8, 3.55, 4.5, 5.6, 7.1, 9	
4a. elección, R40: 1.06, 1.18, 1.32, 1.5, 1.7, 1.9, 2.12, 2.36, 2.65, 3, 3.35, 3.75, 4.25, 4.75, 5.3, 6, 6.7, 7.5, 8.5, 9.5	








Anexo 28. Tamaños preferidos y números de Renard

Diámetro mayor nominal $d$ , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_m$ , mm <sup>2</sup>	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_m$ , mm <sup>2</sup>
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

Anexo 29. Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino

Material usado	Relación de Poisson	Módulo de elasticidad,		A	B
		GPa	Mpsi		
Acero	0.291	207	30.0	0.787 15	0.628 73
Aluminio	0.334	71	10.3	0.796 70	0.638 16
Cobre	0.326	119	17.3	0.795 68	0.635 53
Hierro fundido gris	0.211	100	14.5	0.778 71	0.616 16
Expresión general				0.789 52	0.629 14

**Anexo 30.** Parámetros de rigidez de varios materiales.

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, <sup>T</sup> MPa	Resistencia mínima a la tensión, <sup>T</sup> MPa	Resistencia mínima a la fluencia, <sup>T</sup> MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

**Anexo 31.** Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero.

Los principales parámetros						
Tamaño	Voltaje nominal (V)	Frecuencia (Hz)	Potencia (W)	Amp (A)	R.P.M	La tasa de flujo (M3/H)
2"	220/110	50/60	150	1,0	3000/3600	192
2-1/2"	220/110	50/60	260	1,6	3000/3600	390
3"	220/110	50/60	370	2,0	3000/3600	510
4"	220/110	50/60	550	3,0	3000/3600	2150

**Anexo 32.** Ventiladores eléctricos más comunes

TIPO O CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES FRÁGILES	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima*	Basado en la resistencia de fluencia**	Basado en la resistencia máxima*	
Carga muerta o Carga variable bajo análisis por fatiga	3 – 4	1.5 - 2	5 – 6	7

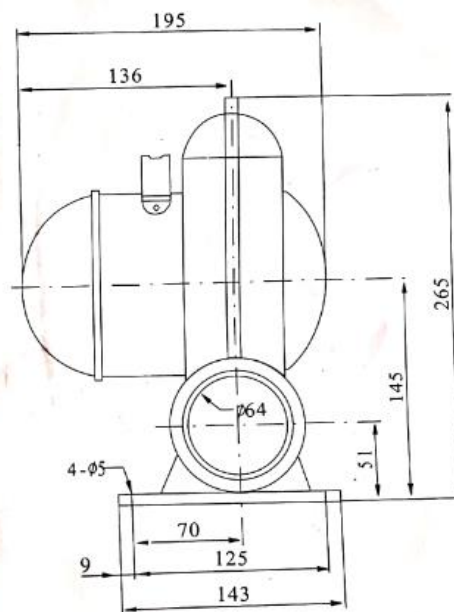
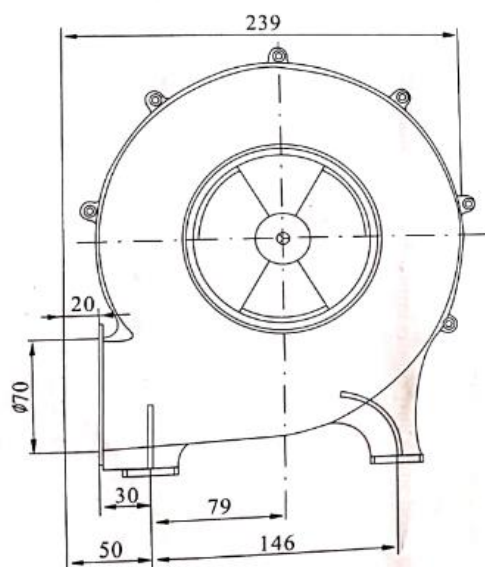
Las siguientes recomendaciones **NO** se deben adoptar si se hace análisis por fatiga

Repetida en una dirección, gradual (choque suave)	6	3	7 – 8	10
Repetida invertida, gradual (choque medio)	8	4	10 – 12	15
Choque fuerte	10 – 15	5 – 7	15 – 20	20

**Anexo 33.** Tabla de factores de seguridad.

SELECCIÓN ORIENTATIVA DE FACTORES DE SEGURIDAD, PARA MATERIALES DÚCTILES		
Información disponible	Fiabilidad de los datos que se disponen	Factor
Ensayos de materiales	El material de diseño ha sido probado en condiciones similares.	A= 1.3
	Características mecánicas de probetas del material ensayado.	A= 2
	Datos fiables de tablas y catálogos genéricos de materiales.	A= 3
	Datos poco fiables de los cuales no sabemos su procedencia.	A> 5
Condiciones de contorno de utilización de material.	Idénticas condiciones a las del material ensayado.	B= 1.3
	La pieza diseñada funcionará en un entorno aislado.	B= 2
	Entorno de utilización moderadamente agresivo.	B= 3
	Entorno de utilización muy agresivo.	B> 5
Procedimientos de diseño y modelado analítico utilizados.	Han sido probados científicamente mediante experimentos.	C= 1.3
	Representan las condiciones de funcionamiento con precisión.	C= 2
	Representan las condiciones de funcionamiento aproximadamente.	C= 3
	Representan las condiciones de funcionamiento con poca precisión.	C> 5

**Anexo 34.** Selección orientativa de factor de seguridad



## TECHNICAL PARAMETERS

SIZE	VOLT	WATT	CYCLFS	AMP	R.P.M
2"	110V	150W	60	1.2A	3600
2-1/2"	110V	260W	60	2.0A	3600
3"	110V	370W	60	3.7A	3600
4"	110V	550W	60	4.5A	3600

Anexo 35: Parámetros técnicos de blower

ANEXO 1: ESTRUCTURAS OCUPACIONALES - SALARIOS MÍNIMOS SECTORIALES Y TARIFAS					
COMISIÓN SECTORIAL No. 8 "METALMECÁNICA"					
RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA:		1.- INDUSTRIAS BÁSICAS DEL HIERRO, ACERO Y METALES NO FERROSOS 2.- FABRICACIÓN DE MUEBLES Y ACCESORIOS METÁLICOS 3.- FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS METÁLICOS (ENVASES, RECIPIENTES, UTENSILIOS DE USO DOMÉSTICO, PRODUCTOS DE TORNILLERÍA, CLAVOS, TUERCAS, ARTÍCULOS DE ALAMBRE), EXCEPTO MAQUINARIA Y EQUIPOS 4.- FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS ESTRUCTURALES			
CARGO / ACTIVIDAD	ESTRUCTURA OCUPACIONAL	COMENTARIOS / DETALLES DEL CARGO O ACTIVIDAD	CODIGO IESS	SALARIO MÍNIMO SECTORIAL 2018	
JEFE DE PRIMER NIVEL DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B1	INCLUYE: JEFE DE MANTENIMIENTO, JEFE DE DISTRIBUCIÓN Y LOGÍSTICA, JEFE DE CONTROL DE CALIDAD, JEFE DE RECURSOS HUMANOS, JEFE DE PRODUCCIÓN, JEFE DE BODEGA, JEFE DE PLANTA, JEFE DE PROYECTO, JEFE DE VENTAS, JEFE DE COMPRAS	0810000000001	409.23	
JEFE / COORDINADOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B2	INCLUYE: JEFE DE SECCIÓN, JEFE DE INSTALACIÓN, JEFE DE TALLER, JEFE DE ENDEZADOR, JEFE DE MAESTRANZA, JEFE DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, JEFE DE MATRICES INCLUYE RODILLOS Y CAJAS DE LAMINACIÓN, JEFE DE TALLERES DE REPETIDORES, JEFE DE MANTENIMIENTO MECÁNICO Y ELÉCTRICO	0804289900002	408.11	
ANALISTA / ESPECIALISTA / INSPECTOR / SUPERVISOR DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	B3	INCLUYE: SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO MECÁNICO, SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO, SUPERVISOR DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS, SUPERVISOR DE PATIOS Y MOVIMIENTO, SUPERVISOR DE ENDEZADORA, SUPERVISOR DE BODEGA, SUPERVISOR DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA, INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD, INSPECTOR DE PALANQUILLA, INSPECTOR MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO, INSPECTOR MANTENIMIENTO MECÁNICO PREVENTIVO	0830000000003	408.95	
TÉCNICOS DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C1	INCLUYE: OPERADOR OXICORTE DIGITAL, OPERADOR BAROLADORA DIGITAL, ELECTROMECÁNICO, ELECTRÓNICO, OPERADOR DE CORTE DE HILO, OPERADOR DE MÁQUINAS DE ELECTROEROSIÓN, PREPARADOR DE COLORES, OPERADOR DE SECCIÓN, TORNERO, SOLDADOR ESPECIALIZADO, ELECTRICISTA ESPECIALIZADO, MECÁNICO ESPECIALIZADO, OPERADOR SENIOR	0820000000006	408.84	
OPERADOR GENERAL DE MAQUINARIA/EQUIPO DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	C2	INCLUYE: OPERADOR JUNIOR, CERRAJERO	0820000000005	408.56	
ESMALTADOR Y ENLIZADOR DE UTENSILIOS DE USO DOMÉSTICO	C3		08042899000106	408.56	
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA	D2	INCLUYE: AYUDANTES EN GENERAL	0820000000009	408.04	
AUXILIAR / AYUDANTE DEL SECTOR DE METALMECÁNICA SIN EXPERIENCIA	E2	INCLUYE: AYUDANTES SIN EXPERIENCIA PREVIA	0820000000010	403.49	

### Anexo 36. Tabla de salarios mínimos para campo de “METALMECÁNICA” 2019

Nº	FACTOR	NTRA	Centro de Maquinado CNC	Fresadora Bridgeport CNC	Torno Mazak CNC	Erosionadora Agie-Pulsa	Rectificadora Cilíndrica Brown	Torno American	Rectificadora Plana Bro
1	Tiempo Disponible	TD	2112 H/Año	2112 H/Año	2112 H/Año	2112 H/Año	2112 H/Año	2112 H/Año	2240 2112
2	Factor de Eficiencia (Aca (Ranchita Cls)	Fw	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0 1.0
3	Tiempo Laborable del Operario	TL	1907 H/Año	2017 H/Año	1902 H/Año	2000 H/Año	1922 H/Año	1915 H/Año	2128.630364 2007
4	Salario Mensual del Operario	SM	1,756,025 S/Mes	1,444,000 S/Mes	1,520,000 S/Mes	1,086,800 S/Mes	1,395,360 S/Mes	1,337,600 S/Mes	1,003,200 1,003,200
5	Costo Anual de Mano de Obra	KAMCO	21,107,100 S/año	17,338,000 S/año	18,240,000 S/año	13,041,600 S/año	16,744,320 S/año	16,051,200 S/año	12,038,400 12,038,400
6	Costo de Mano de Obra Directa	KMCO	11,068 S/Hora	6,561 S/Hora	9,297 S/Hora	6,521 S/Hora	8,712 S/Hora	8,362 S/Hora	5,855 5,986
7	Valor Comercial de la Máquina	VC	125,667,771 S	56,546,439 S	100,534,893 S	31,549,903 S	7,788,319 S	12,748,414 S	6,806,353 6,806,353
8	Costo de Reposición de Máquina	KRMH	125,667,771 S	56,546,439 S	100,534,893 S	31,549,903 S	7,788,319 S	12,748,414 S	6,806,353 6,806,353
9	Costo Total Rep. de Máquina	KRMH	126,238,603 S	57,117,272 S	101,106,729 S	32,122,736 S	8,368,161 S	13,316,247 S	7,377,185 7,377,185
10	Tiempo Laborable de Máquina	TLM	9721 H/Año	4034 H/Año	3024 H/Año	4080 H/Año	3844 H/Año	1915 H/Año	2128.630364 2007
11	Factor de Uso	FU	78 %	83 %	87 %	83 %	84 %	83 %	87 85
12	Tiempo Laborable de Máquina Efectivo	TLME	4,321 H/Año	3,334 H/Año	3,424 H/Año	3,380 H/Año	2,444 H/Año	1,215 H/Año	1,429 1,307
13	Depreciación de la Máquina	DM	9 Años	8 Años	8 Años	8 Años	9 Años	9 Años	10 9
14	Vida Útil	VU	51489 Horas	32272 Horas	31362 Horas	32000 Horas	34586 Horas	17235 Horas	21286 18063
15	Costo Depreciación (1)	KD	2,452 S/Hora	1,770 S/Hora	3,271 S/Hora	1,004 S/Hora	242 S/Hora	775 S/Hora	347 408
16	Valor Anual del Seguro de Máquina	V	26,607,151 S/año	5,416,962 S/año	17,648,055 S/año	1,886,781 S/año	108,191 S/año	284,786 S/año	84,215 84,215
17	Valor Seguro de Máquina (2)	VSM	6,156 S/Hora	1,625 S/Hora	4,979 S/Hora	515 S/Hora	45 S/Hora	234 S/Hora	59 64
18	Costo de Energía (3)	KE	6,460 S/Hora	817 S/Hora	4,009 S/Hora	496 S/Hora	323 S/Hora	3,086 S/Hora	247 247
19	Costo de Mantenimiento (4)	KM	585 S/Hora	341 S/Hora	591 S/Hora	182 S/Hora	64 S/Hora	211 S/Hora	96 105
20	Costo de Herramienta (5)	KH	0 S/Hora	0.0025 S/Hora	0 S/Hora	1 S/Hora	661 S/Hora	0 S/Hora	- 496
21	Glosa Funcionam Maq (1+2+3+4+5)	GFM	15,655 S/Hora	4,593 S/Hora	12,800 S/Hora	2,168 S/Hora	1,335 S/Hora	3,498 S/Hora	748 1,321
22	Costo Anual Mano de Obra Indirecta	KMOH	320,732,160 S/año	320,732,160 S/año	320,732,160 S/año	320,732,160 S/año	320,732,160 S/año	320,732,160 S/año	320,732,160 320,732,160
23	Costo de Amortamiento	KA	33,540,000 S/año	33,540,000 S/año	33,540,000 S/año	33,540,000 S/año	33,540,000 S/año	33,540,000 S/año	33,540,000 33,540,000
24	Costo Depreciación Equipo Oficina	De	6,076,238 S/año	6,076,238 S/año	6,076,238 S/año	6,076,238 S/año	6,076,238 S/año	6,076,238 S/año	6,076,238 6,076,238
25	Costo Anual de Servicios	Ks	222,502,200 S/año	222,502,200 S/año	222,502,200 S/año	222,502,200 S/año	222,502,200 S/año	222,502,200 S/año	222,502,200 222,502,200
26	Costo Anual de Carga Fabric	KCF	562,850,586 S/año	562,850,586 S/año	562,850,586 S/año	562,850,586 S/año	562,850,586 S/año	562,850,586 S/año	562,850,586 562,850,586
27	Carga Fabric	C.F.	40,524 S/Hora	23,763 S/Hora	40,506 S/Hora	13,502 S/Hora	4,744 S/Hora	15,206 S/Hora	7,292 7,629
28	Gastos de Fabricación	G.F.	56,178 S/Hora	28,316 S/Hora	53,758 S/Hora	15,670 S/Hora	6,079 S/Hora	16,704 S/Hora	8,041 9,150
29	Tarifa Hora/Máquina	T	67,347 S/H. Maq.	36,907 S/H. Maq.	63,000 S/H. Maq.	22,191 S/H. Maq.	14,791 S/H. Maq.	27,096 S/H. Maq.	13,686 15,149

### Anexo 37. Cálculo de la tarifa hora-máquina

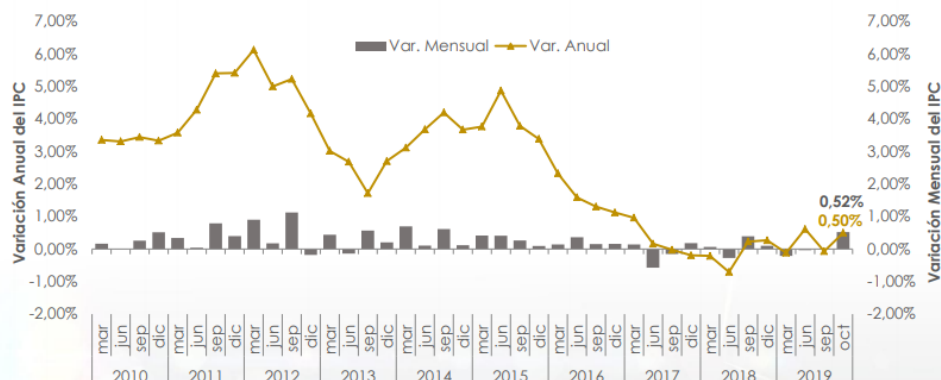
Tasas de Interés			
julio - 2019			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas	
Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento:	% anual	Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento:	% anual
Productivo Corporativo	9.00	Productivo Corporativo	9.33
Productivo Empresarial	9.91	Productivo Empresarial	10.21
Productivo PYMES	10.90	Productivo PYMES	11.83
Productivo Agrícola y Ganadero**	8.51	Productivo Agrícola y Ganadero**	8.53
Comercial Ordinario	9.29	Comercial Ordinario	11.83
Comercial Prioritario Corporativo	8.26	Comercial Prioritario Corporativo	9.33
Comercial Prioritario Empresarial	9.88	Comercial Prioritario Empresarial	10.21
Comercial Prioritario PYMES	11.16	Comercial Prioritario PYMES	11.83
Consumo Ordinario	16.32	Consumo Ordinario	17.30
Consumo Prioritario	16.74	Consumo Prioritario	17.30
Educativo	9.49	Educativo	9.50
Vivienda de Interés Público	4.80	Vivienda de Interés Público	4.99
Inmobiliario	10.11	Inmobiliario	11.33
Microcrédito Agrícola y Ganadero**	19.67	Microcrédito Agrícola y Ganadero**	20.97
Microcrédito Minorista 1*.	26.07	Microcrédito Minorista 1*.	28.50
Microcrédito de Acumulación Simple 1*.	23.58	Microcrédito de Acumulación Simple 1*.	25.50
Microcrédito de Acumulación Ampliada 1*.	20.45	Microcrédito de Acumulación Ampliada 1*.	23.50
Microcrédito Minorista 2*.	22.25	Microcrédito Minorista 2*.	30.50
Microcrédito de Acumulación Simple 2*.	22.47	Microcrédito de Acumulación Simple 2*.	27.50
Microcrédito de Acumulación Ampliada 2*.	20.46	Microcrédito de Acumulación Ampliada 2*.	25.50
Inversión Pública	8.11	Inversión Pública	9.33

### Anexo 38. Tasas de interés para el sector privado, público, popular y solidario.



## Evolución Histórica Inflación

Variaciones porcentuales (2010 - 2019)



### Anexo 39. Evolución histórica de inflación

#### FICHA TECNICA 6. DESCASCARILLADORA DE CACAO DESC - 100

##### I. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Máquina que separa la cascarrilla del cacao tostado. Pela granos de cacao sin dañarlos, operación y mantenimiento fáciles, tiene un mecanismo con rodillo forrado de jébe corrugado para no maltratar al cacao, construido en acero inoxidable ISO 304, tiene un motorreductor de 2 HP y para el ventilador 0.75 HP

##### II. DATOS TECNICOS

Marca	MAQUIAGRO
Modelo	DESC - 100
Potencia (HP)	2.75
Productividad (kg/h)	la máquina Pela 100 kg por hora
Productividad qq(46kg)/h	la máquina Pela 2 quintales por hora
Voltaje para la máquina (voltios)	220
Suministro (1Ø o 3Ø)	Motor Monofásico (1Ø)
Vida útil (años)	25 años
Para su instalación requiere	Interruptor Termo magnético de 30 amperios

##### III. COSTOS DE FUNCIONAMIENTO

Costo de electricidad \$/hora	\$/.0.85/Hr aproximadamente con tarifa BT5B (\$/.0.40/kwh)
Mano de obra necesaria	1 personas; una para recepción y otra para carguio.

##### IV. RECOMENDACIONES

Solicitar siempre un manual o catálogo de funcionamiento de la máquina.  
Solicitar una capacitación previa del uso de la máquina.  
Solicitar tiempo de garantía.

##### V. DONDE SE PUEDE COMPRAR

Empresa que comercializa	MAQUIAGRO
Costo aproximado de la máquina	US \$1,800.00
Garantía	1 año
Dirección tienda	Jr. Juan Soto Bermeo 406 Urb. La Virreyna, San Roque, Santiago de Surco, Lima. Altura cdra. 44 Av. Tomas Marsano
Teléfonos	Telf. 01-2822751 Cel. 97650298 Nextel: 823*8365
Dirección electrónica	www.maquiagro.com Mail:ventas@maquiagro.com; maquiagro@hotmail.com




### Anexo 40. Peladora de cacao ofrecida por la empresa MAQUIAGRO





GRIJALVA BASTIDAS WILSON FRANCISCO


 Dirección: LOS NOGALES N47-99 Y AV. EL INCA  
 Telfs.: 2 400 - 799 / 2 405 - 222  
 Cel.: 0981 011 131 / 0980 79 98 80  
 aceros.wilson@hotmail.com  
 Quito - Ecuador  
 "OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"  
 DOCUMENTO CATEGORIZADO: NO

RUC: 1802461440001

**FACTURA 001-001**  
**000009574**

FECHA DE EMISIÓN: 15/09/2019  
AUT. SUNAT: 1125484391


Fecha: DIA 3 MES 12 AÑO 2019

Cliente: CELI ZAPATA JONATHAN ANDRES  
Dirección: AV. ELOY ALFARO Y CALLE N73  
R.U.C. / C.C.: 1722255146001 Teléfono: 0986884542

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIT.	V. TOTAL
1.00	POLEA ALUMINIO 1X8	6.31	6.31

ACEROS WILSON  
RUC: 1802461440001  
**CANCELADO**


Forma de Pago: ☒ Dinero Electrónico ☐ Tarjeta Céd/Vis ☐ Otro ☐

FIRMA AUTORIZADA:   
 RECIBI CONFORME: \_\_\_\_\_

SUB-TOTAL	6.31
DEBESENTO	-0.95
SUB-TOTAL	5.36
IVA 6%	0.00
IVA 1%	0.04
TOTAL A PAGAR	6.00

REPOSICION ALUMINIO WILSON BASTIDAS - BENEFITARIO: RUC: 1802461440001 - AUT. 1125484391 - FECHA DE EMISIÓN: 15/09/2019 - HORA: 15:10:00  
Original: CLIENTE - 3. Versión: 000009574

Anexo 43. Factura polea


**ACEROS INDUSTRIALES**  
 HUGO GERARDO GUERRERO BARRERO  
 RUC: 180132170801  
 Dirección: AV. LOS PINOS 87-05 E B-ES MEDINA  
 Teléfono: 024035451 email: hgerardo@netmail.com

**COTIZACIÓN**

Fecha: 27/11/2019  
Válido: 27/11/2019  
Nº: 000001082

**DATOS DEL CLIENTE**

Empresa: CONSULTOR F&E  
Dirección: SMO  
Teléfono:  
Email:

Código	Descripción	Descripción	Cantidad	P.V.P.	Total
13ALUMTA10X1	POLEA ALUMINIO 1X10"		2.00	31.57	63.14
13ALUMTA1X4	POLEA ALUMINIO 1X4"		1.00	4.20	4.20
13ALUMTA1X8	POLEA ALUMINIO 1X8"		1.00	6.41	6.41
CHGPI1	CHUMAC CMB PISO 205-18 1"		2.00	5.72	11.44

Subtotal: 85.19  
 Descuento: 16.19  
 Subtotal - Descuento: 69.00  
 12.80% IVA: 8.83  
 Transporte: 0.00  
 ICB: 0.00  
 Otros Impuestos: 0.00  
**TOTAL: 77.83**

**CONDICIONES DE VENTA Y OTROS COMENTARIOS**

Anexo 44. Factura poleas



VASCO DELGADO ANDRES PATRICIO  
www.mcn.ec

(Zambiza) Calle Benalcázar s/n y Ambato  
Teléfono: (593 2) 808 852 / Cel.: 0998 408 575  
e-mail: www.vasco@mcn.com  
QUITO - ECUADOR

R.U.C.: 1722442140001  
**FACTURA**  
N° 001-001-  
**000000320**  
AUT. SRI: 1124755864  
Fecha de Aut.: 08 / Mayo / 2019  
Documento Categorizado: NO

FECHA DE EMISION: dicembre del 2019  
SR(ES): Jonathan Andies Celi Zapata  
DIRECCION: Carreteras de Canelón  
R.U.C.: 1722235146 TELF.: 0989884542

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	Plancha Alsi 304 lisa	60,00	60,00
1	Plancha Alsi 304 perforada	140,00	140,00
1	Eje Alsi 304 Ø 1 pulg	20,00	20,00
1	Eje Alsi 1018	9,00	9,00
3	Tubo cuadrado 2" x 2"	13,00	39,00
1	Plancha acero anti deslizante	50,00	50,00
FORMA DE PAGO	Efectivo: <input type="checkbox"/> Dinero Electrónico: <input type="checkbox"/> T Crédito/Débito: <input type="checkbox"/> Otro: <input type="checkbox"/>		
SUB-TOTAL			318,00
IVA 0%			
IVA 1,5%			38,16
TOTAL \$			356,16

ENTREGADO POR

RECIBIDO POR

UNION IMPRENTA Jenny Patricia Sandoval RUC 171779336001 • AUT. SRI 9476 Tel: 3351 889  
Emision de 301 a 400 - VALIDA SU EMISION HASTA 08 / MAYO / 2020 - ORIGINAL ADQUIRENTE - COPIA EMISOR

Anexo 45. Factura de materiales a mecanizarse

#### Anexo 46. Factura de elementos normalizados



VASCO DELGADO ANDRES PATRICIO  
www.mcn.ec

(Zambiza) Calle Benalcázar s/n y Ambato  
Teléfono: (593 2) 808 852 / Cel.: 0998 408 575  
e-mail: www.avasco@mcn.com  
QUITO - ECUADOR

R.U.C.: 1722442140001  
**FACTURA**  
N° 001-001-  
**000000322**  
AUT. SRI.: 1124755864  
Fecha de Aut.: 08 / Mayo / 2019  
Documento Categorizado: NO

FECHA DE EMISION: diciembre del 2019  
SR.(ES): Jonathan Andries Gel Zapata  
DIRECCION: Carreteras de Caceron  
R.U.C.: 1722255146 TELF: \_\_\_\_\_

CANT.	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	VALOR TOTAL
1	Construcción de máquina de descascarilladora de cacao	163.45	163.45

FORMA DE PAGO	<input type="checkbox"/> Efectivo	<input type="checkbox"/> Dinero Electrónico	SUB-TOTAL	163.45
	<input type="checkbox"/> T. Crédito/Débito	<input type="checkbox"/> Oxxo	IVA 0%	
			IVA 12%	22.22
			TOTAL \$	185.74

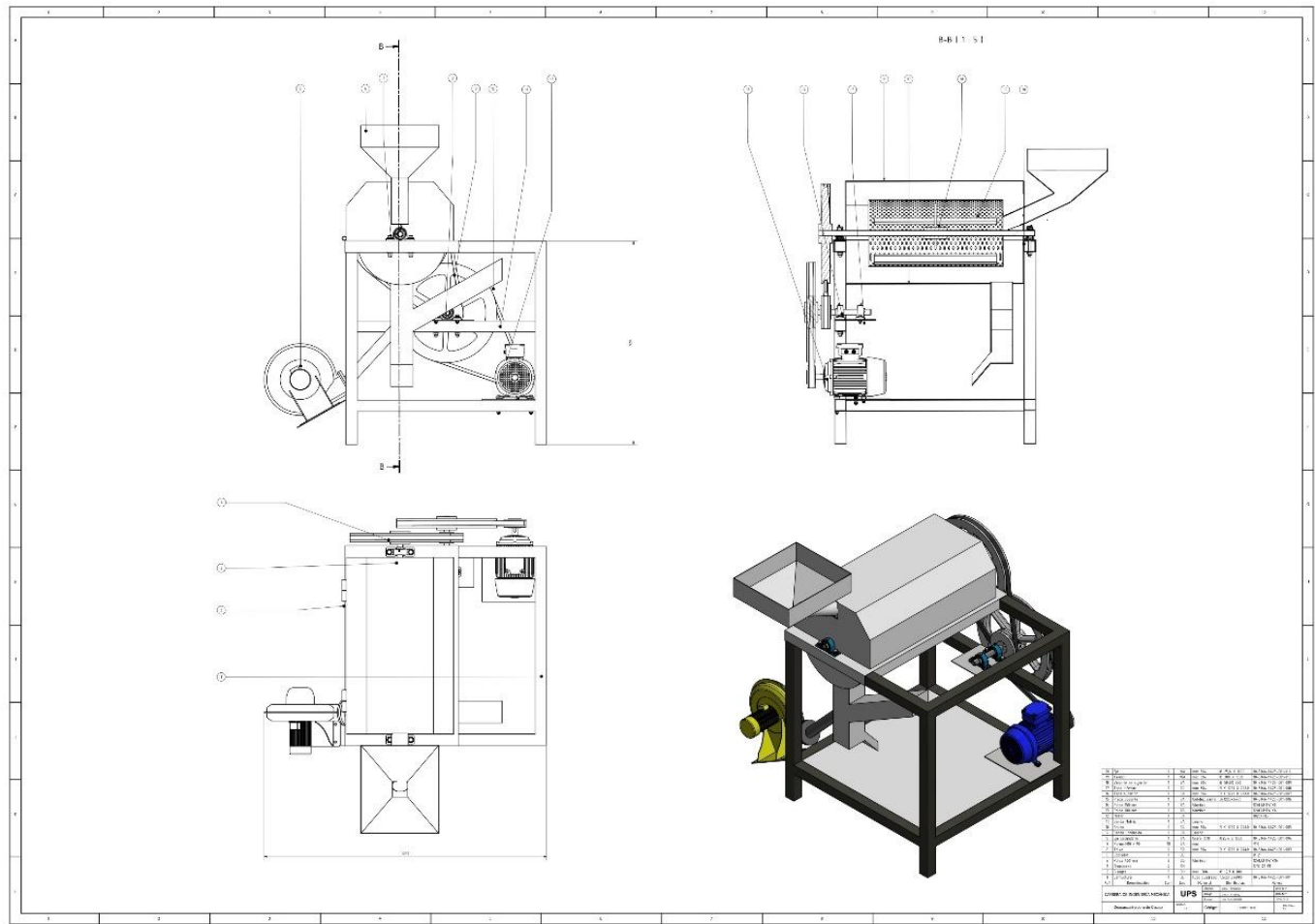
ENTREGADO POR

RECIBIDO POR

UNION IMPRENTA - Jonny Patricio Vasquez Panto RUC: 1717793036001 - AUT. SRI. 1416 Telf: 3301 889  
Emisión del 301 al 400 - VALIDA SU EMISION HASTA 08 / MAYO / 2020 - ORIGINAL: ADQUIRENTE - COPIA: EMISOR

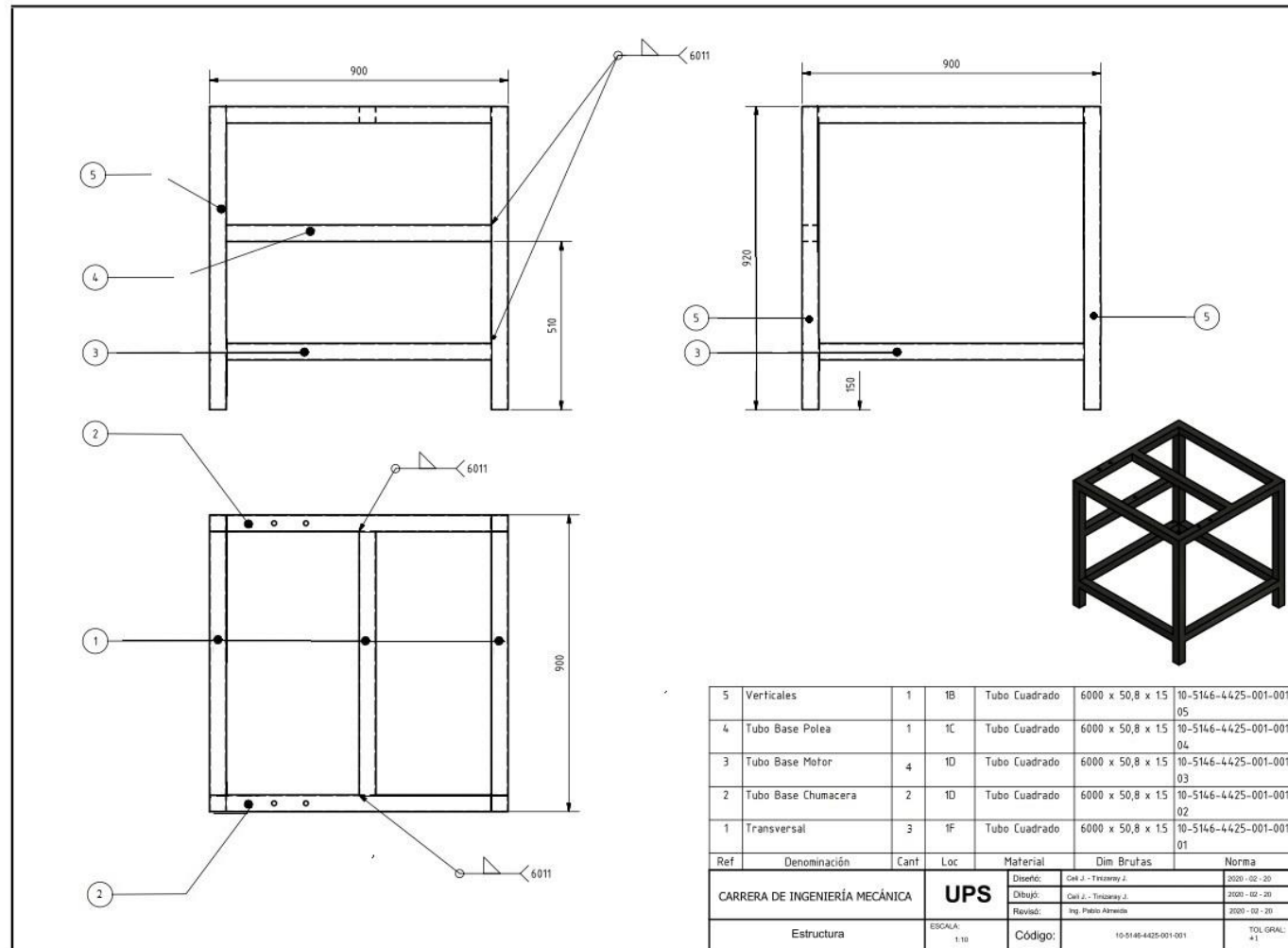
Anexo 47. Factura de mano de obra para construcción

# Anexo 48: Planos de descascarilladora de cacao

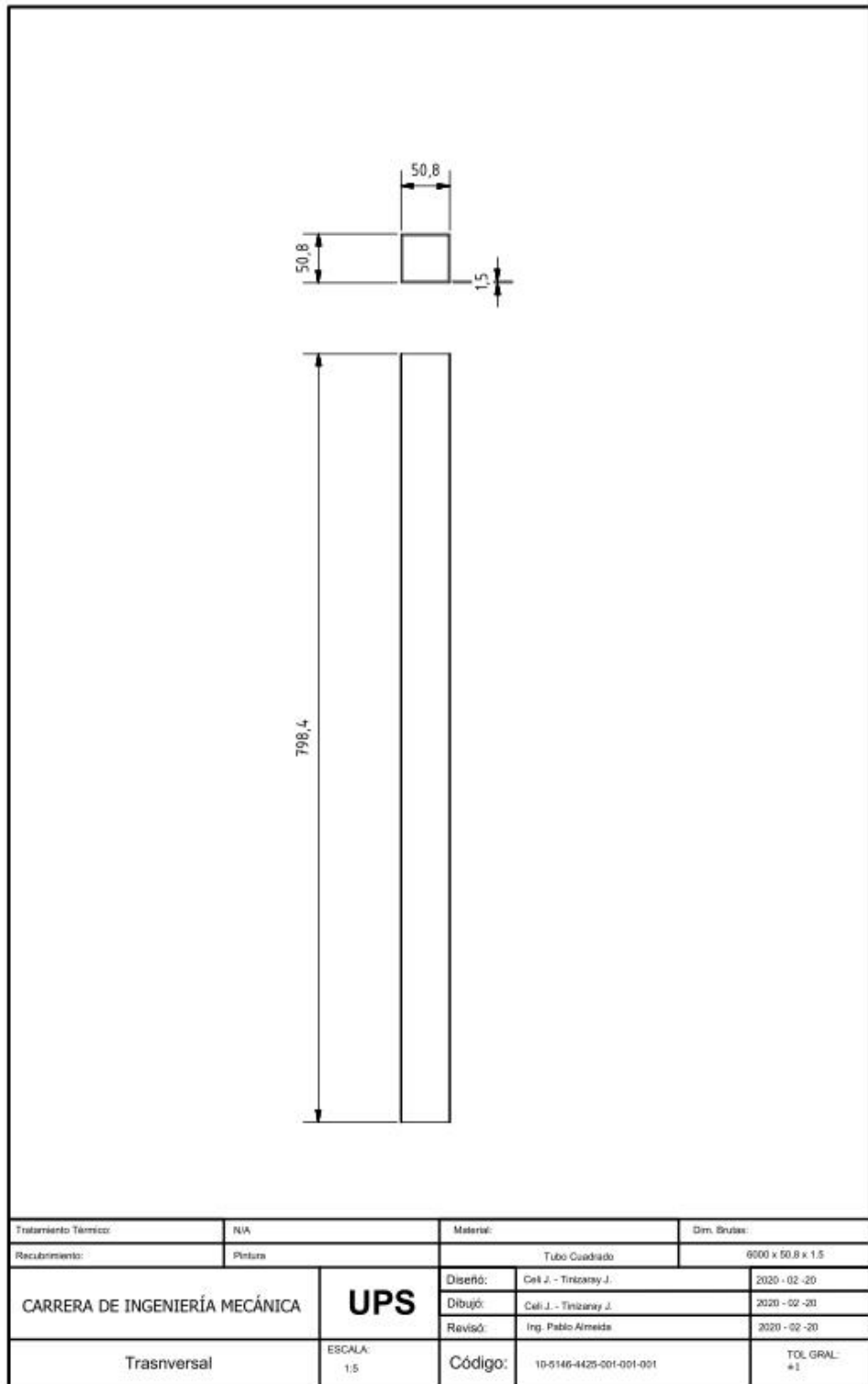


Plano 1: Plano General



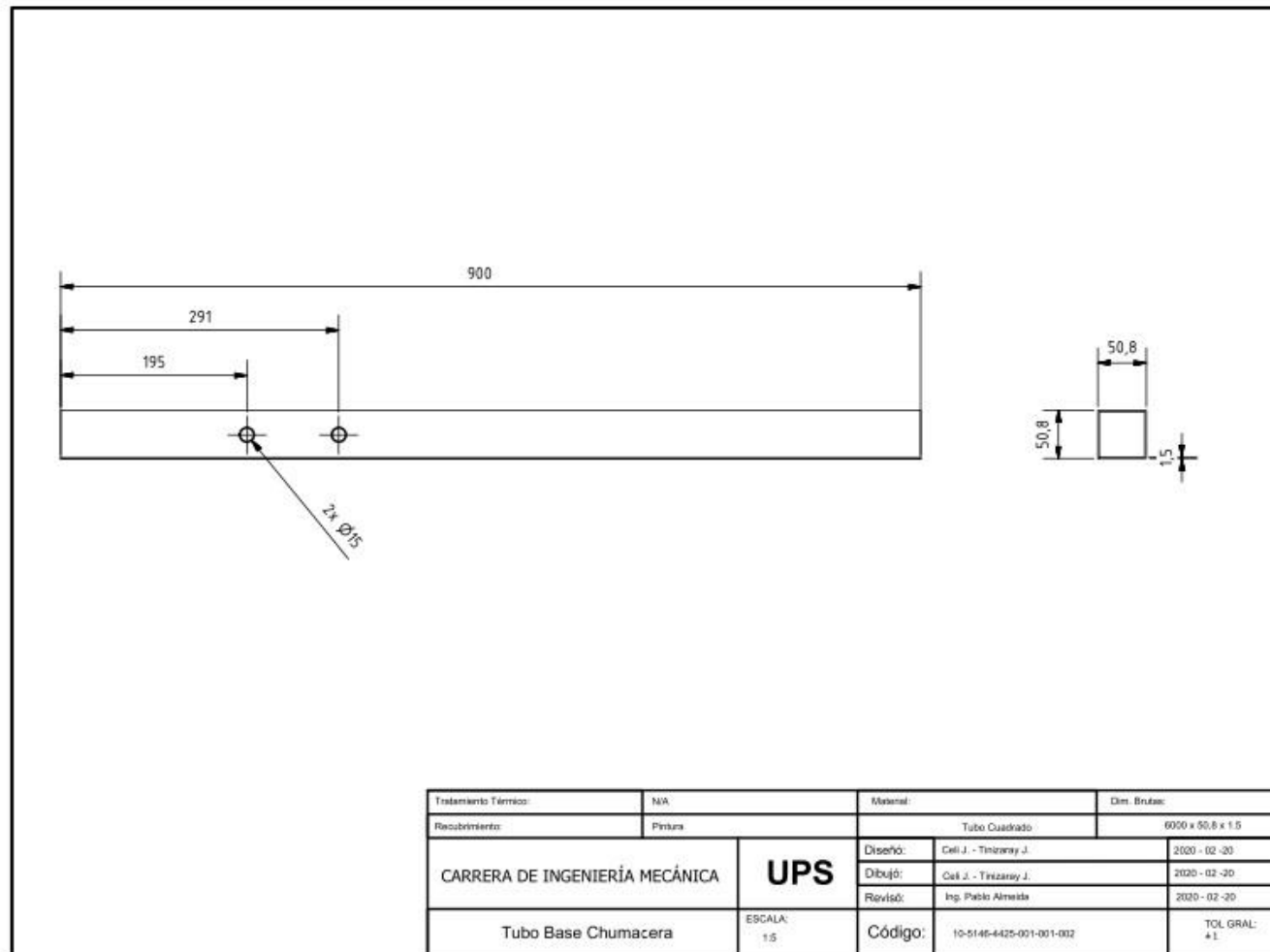


**Plano 2: Estructura**

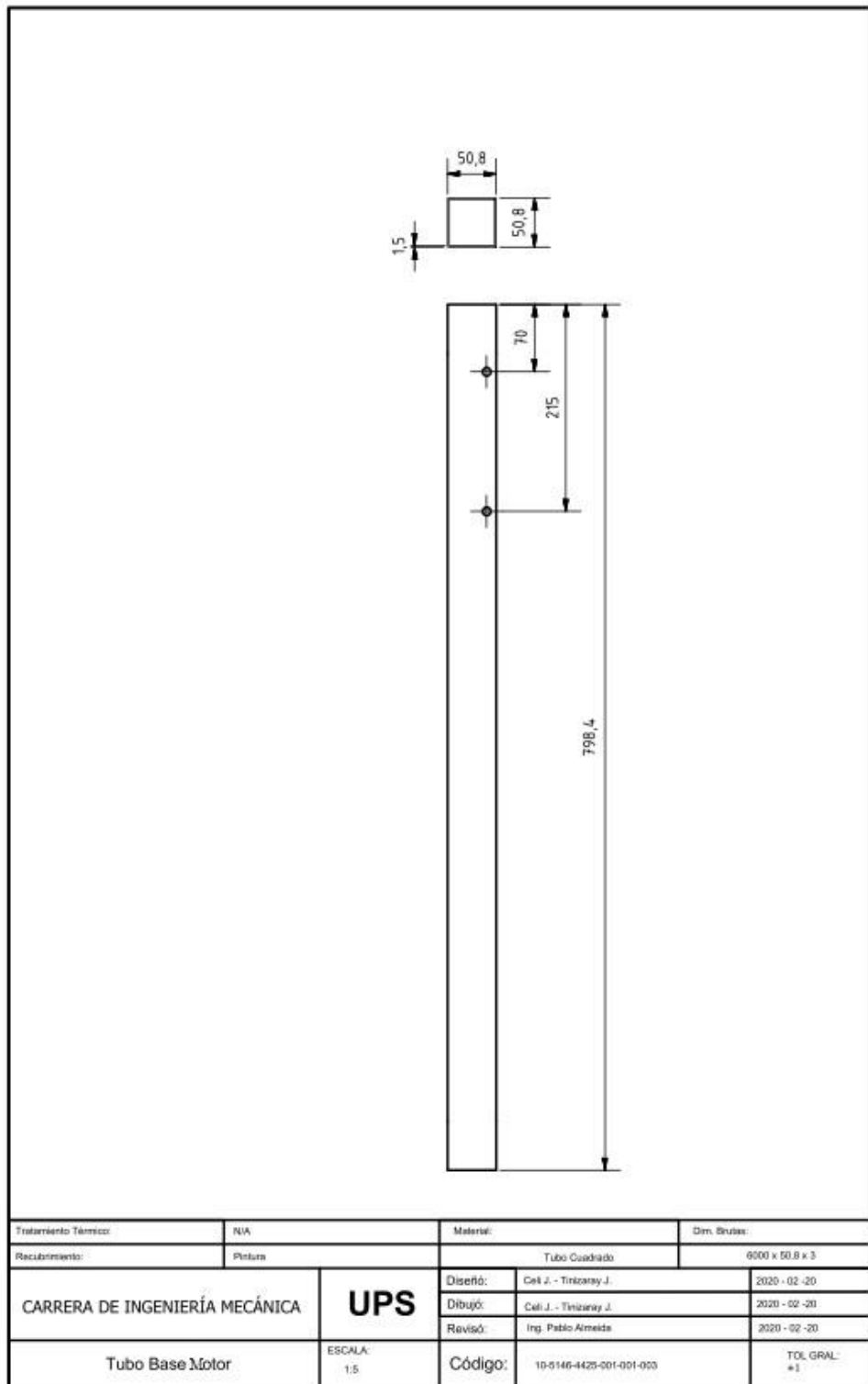


**Plano 3:** Tubo cuadrado transversal

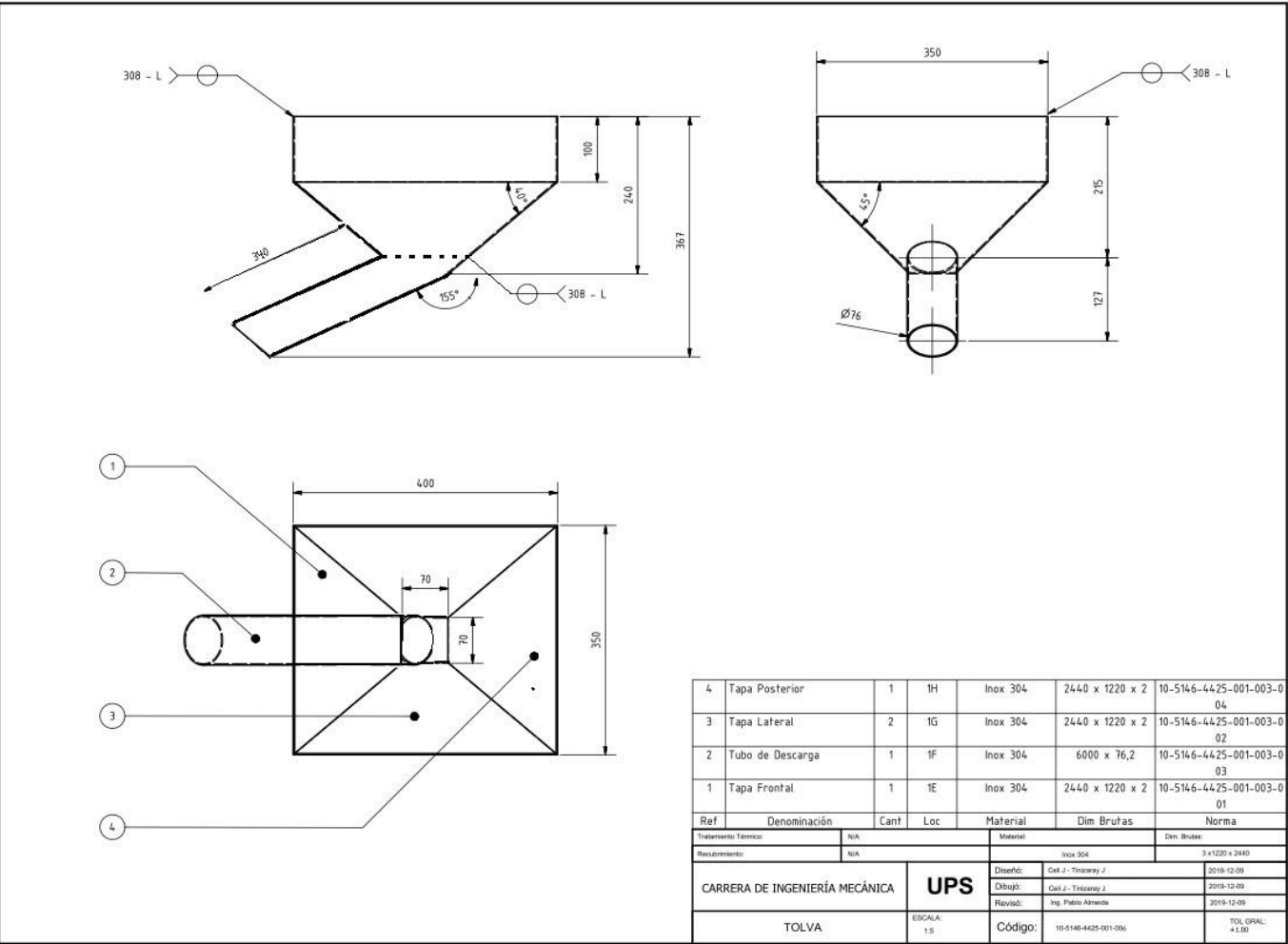




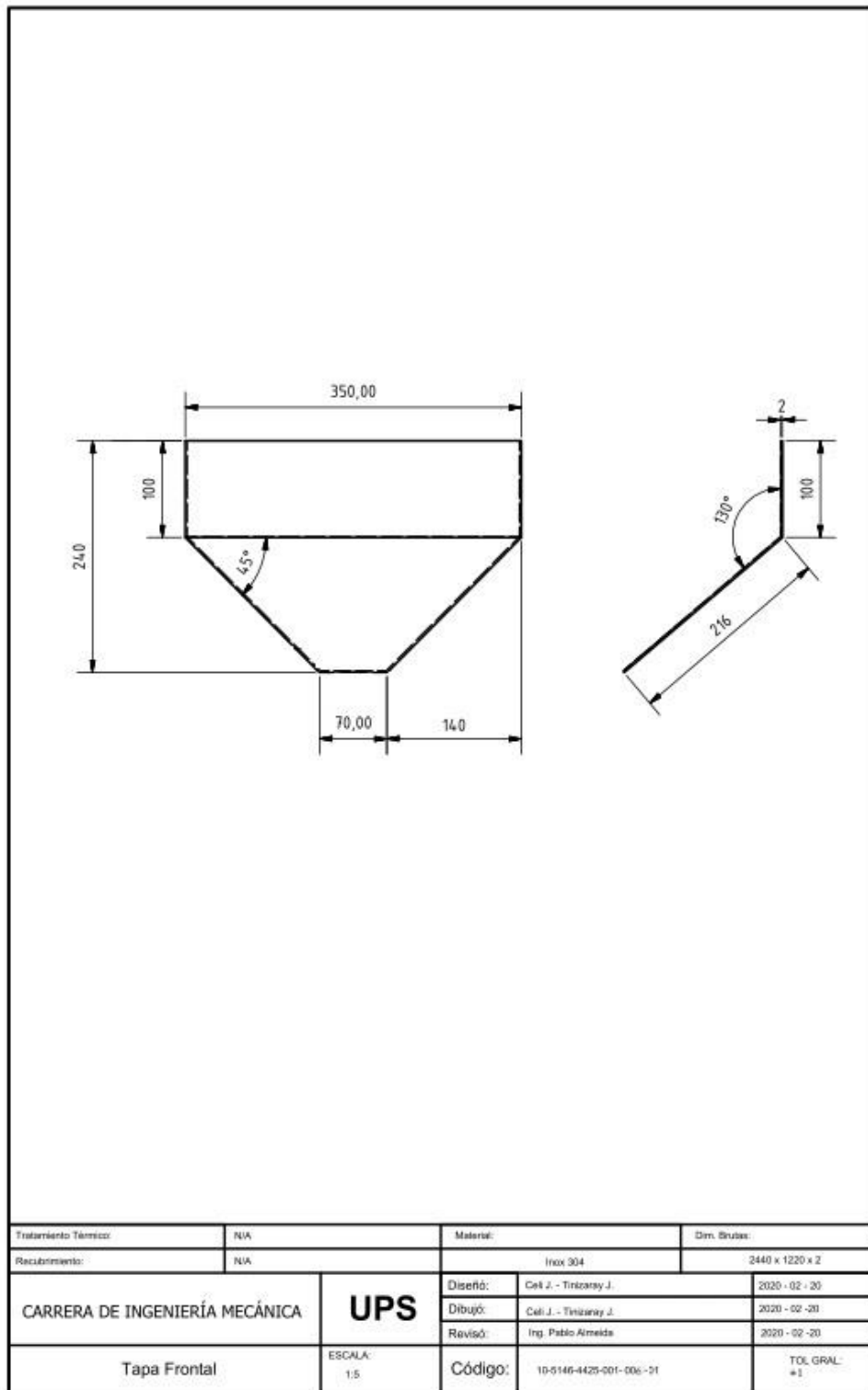
**Plano 4:** Tubo base para chumaceras de estructura



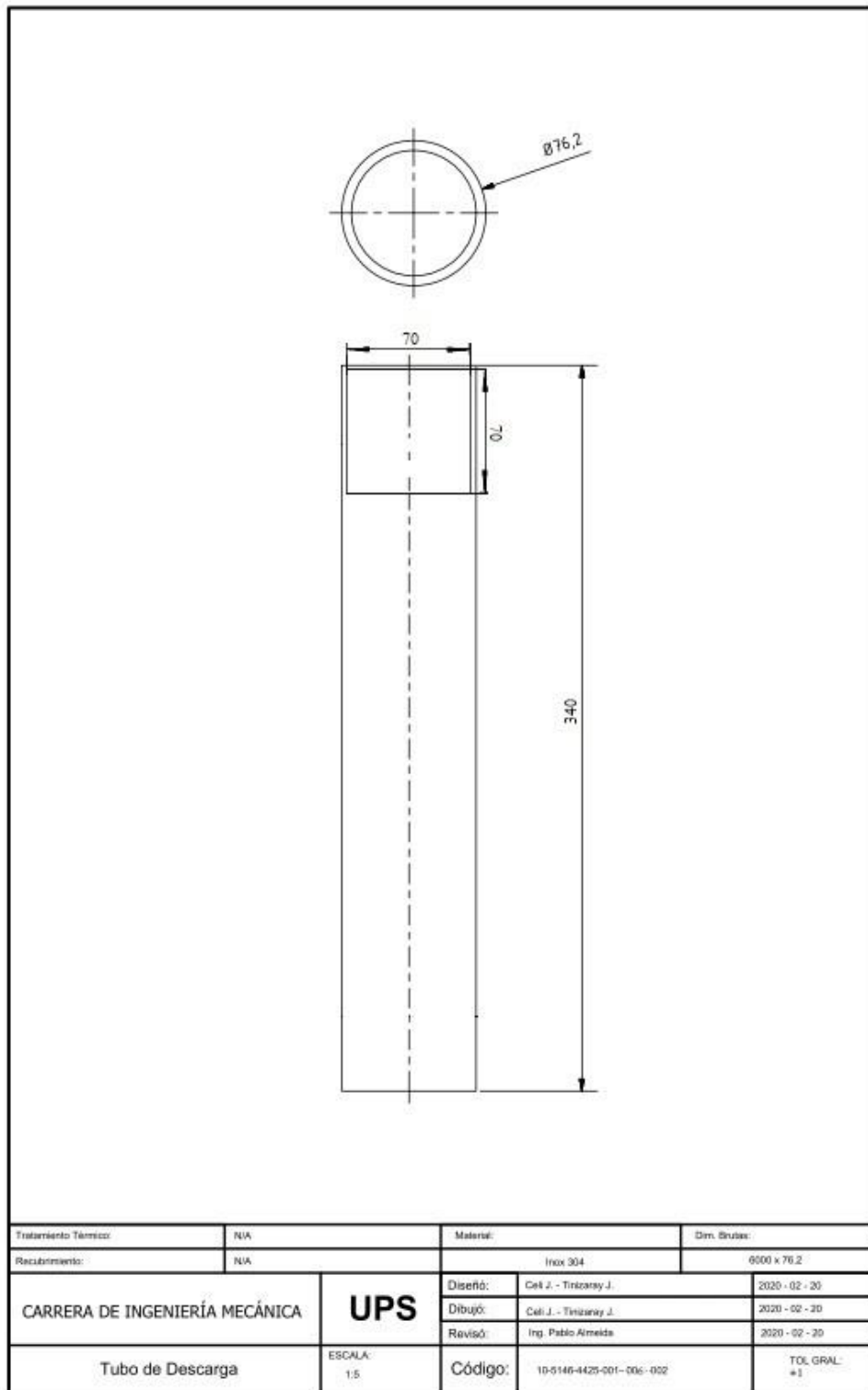
**Plano 5:** Tubo base motor de estructura



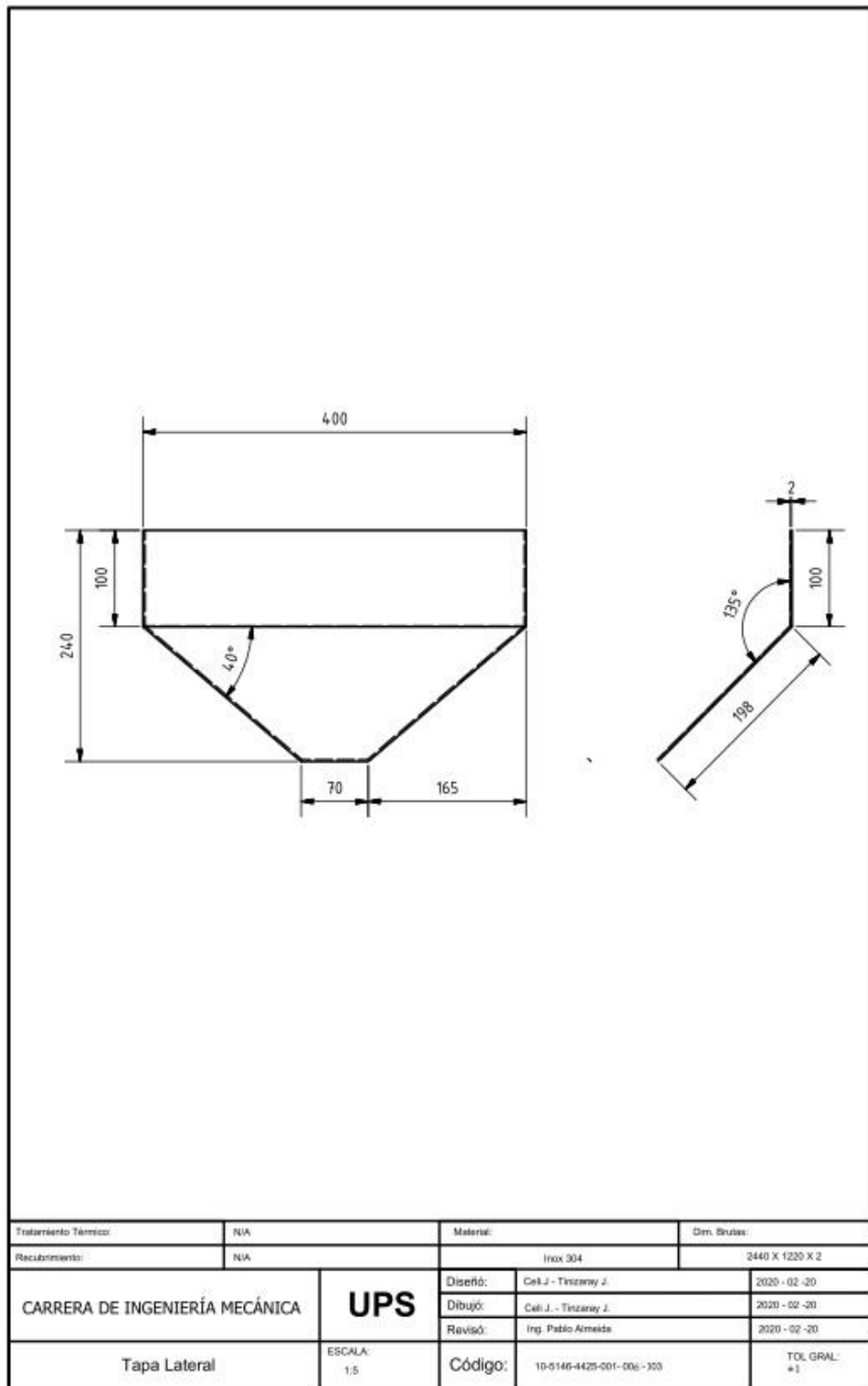
Plano 6: Tolva



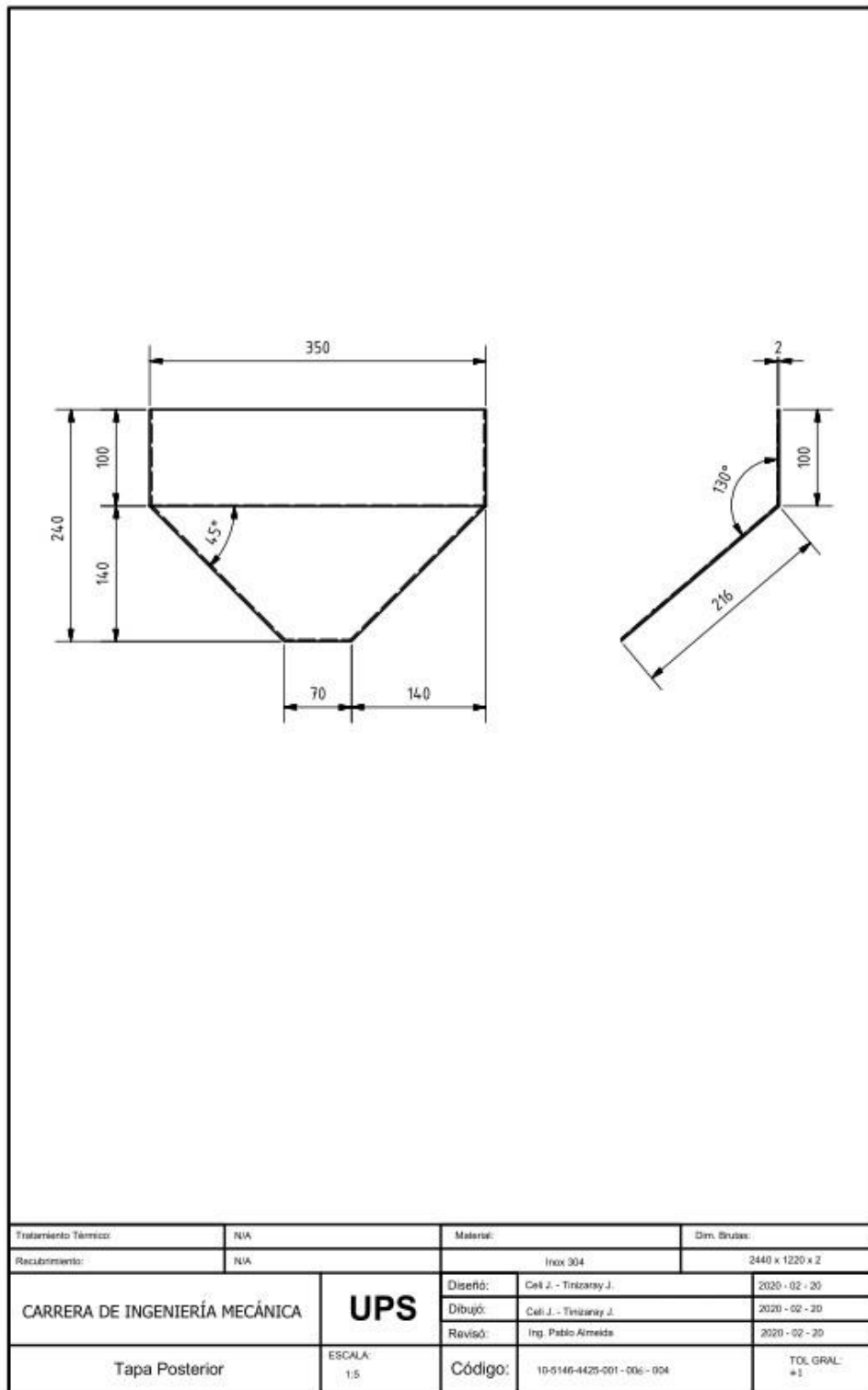
**Plano 7:** Tapa frontal tolva



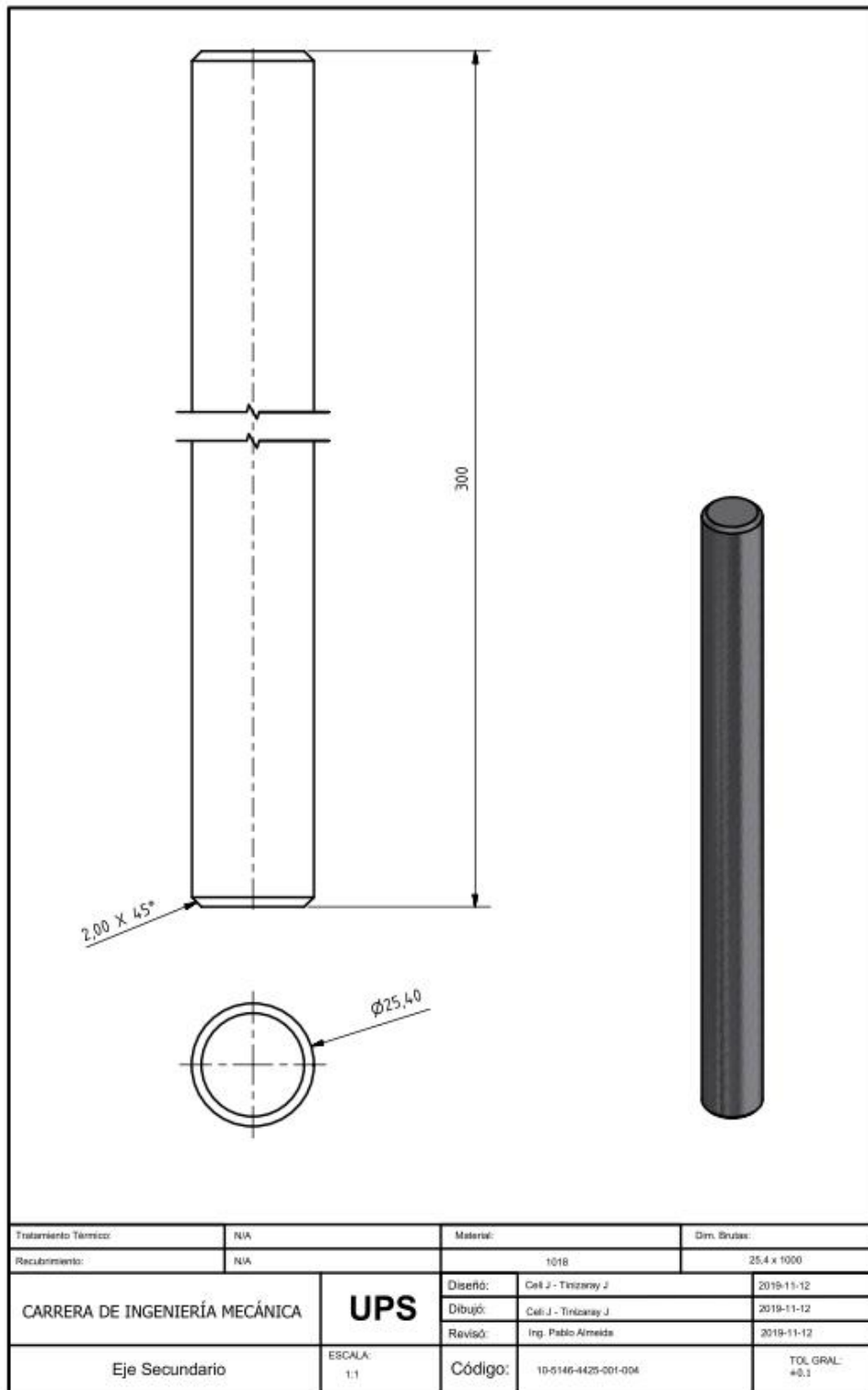
**Plano 8:** Tubo de descarga de tolva



**Plano 9:** Tapa lateral tolva

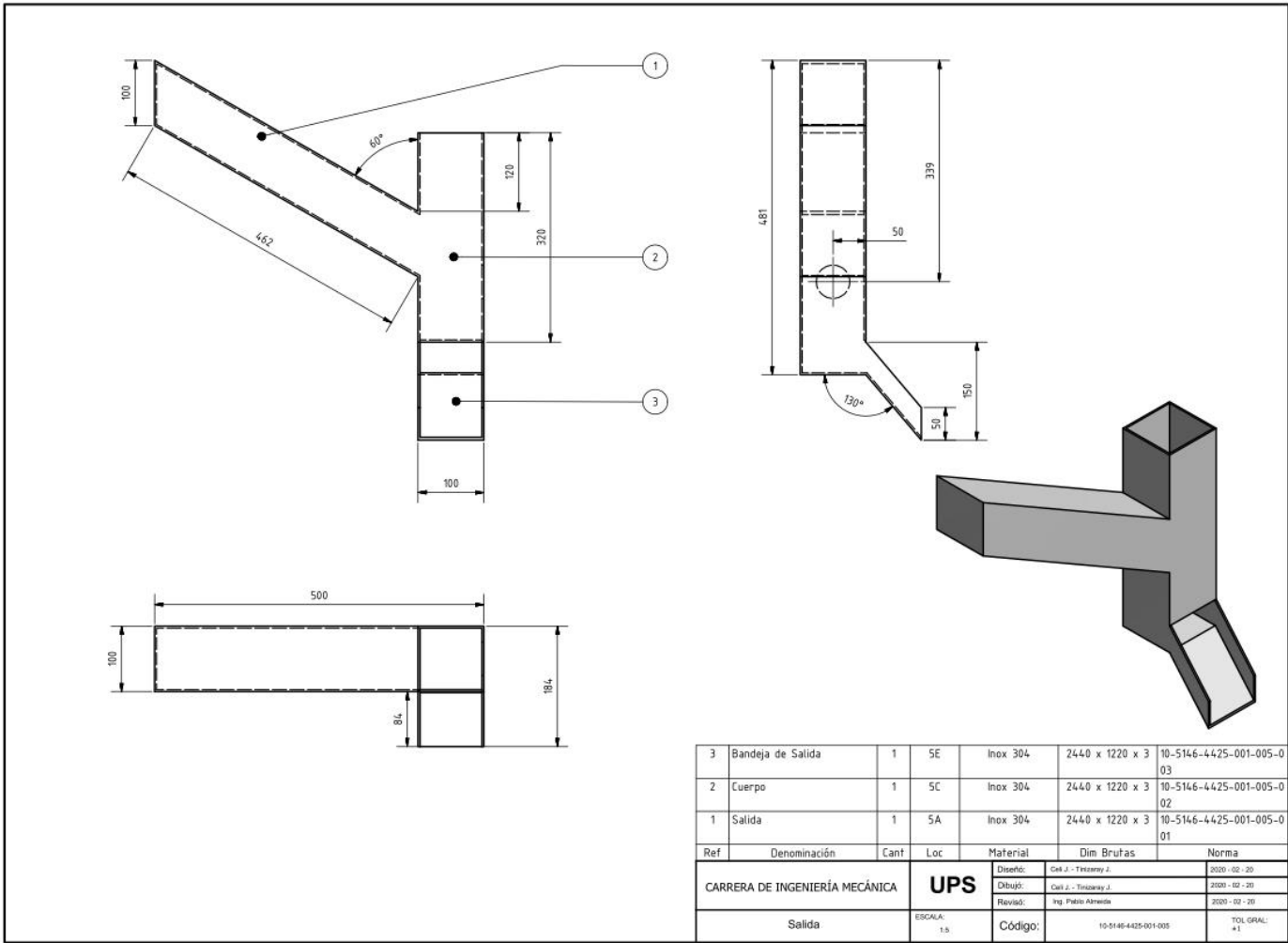


**Plano 10:** Tapa posterior tolva

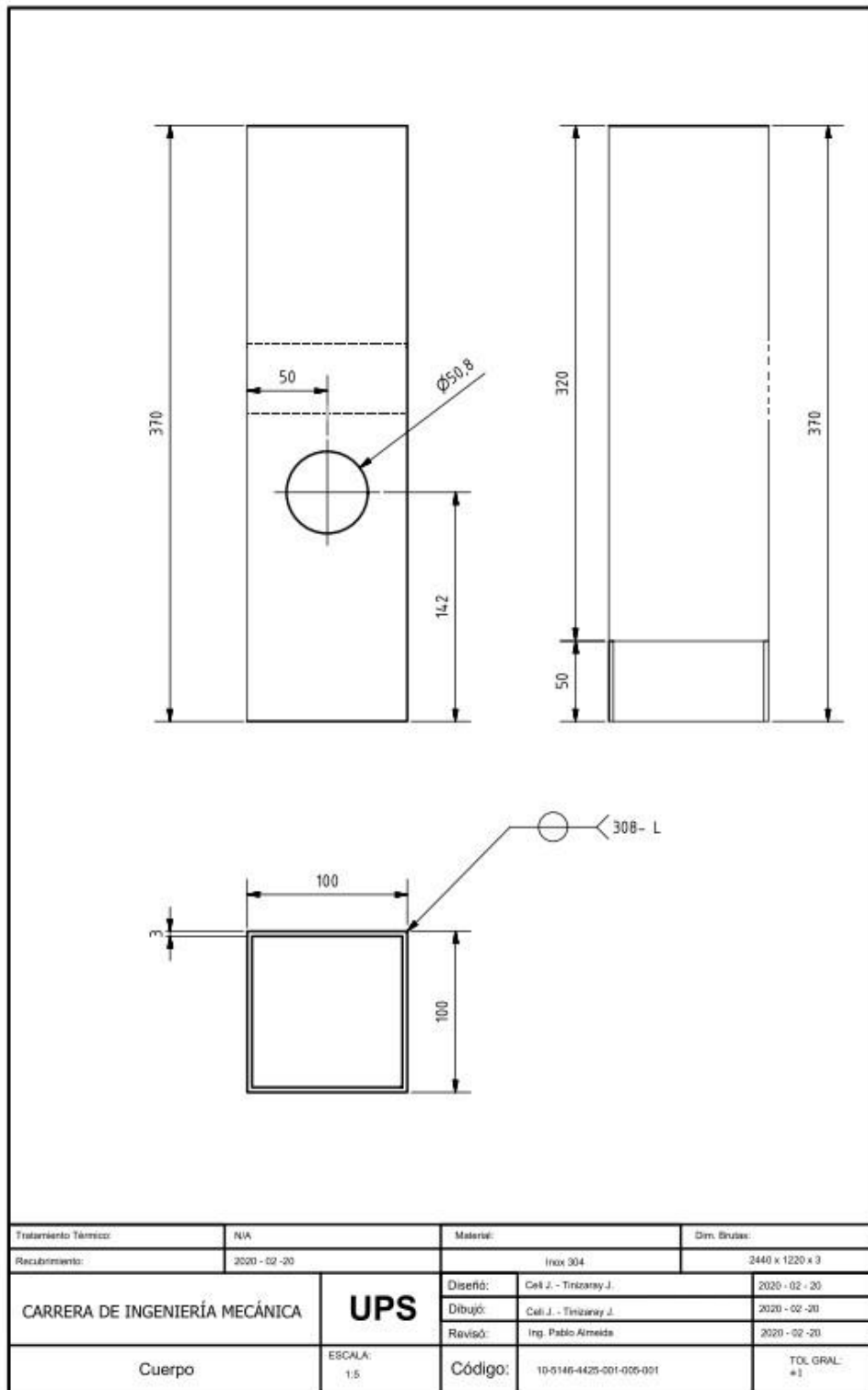


**Plano 11:** Eje secundario

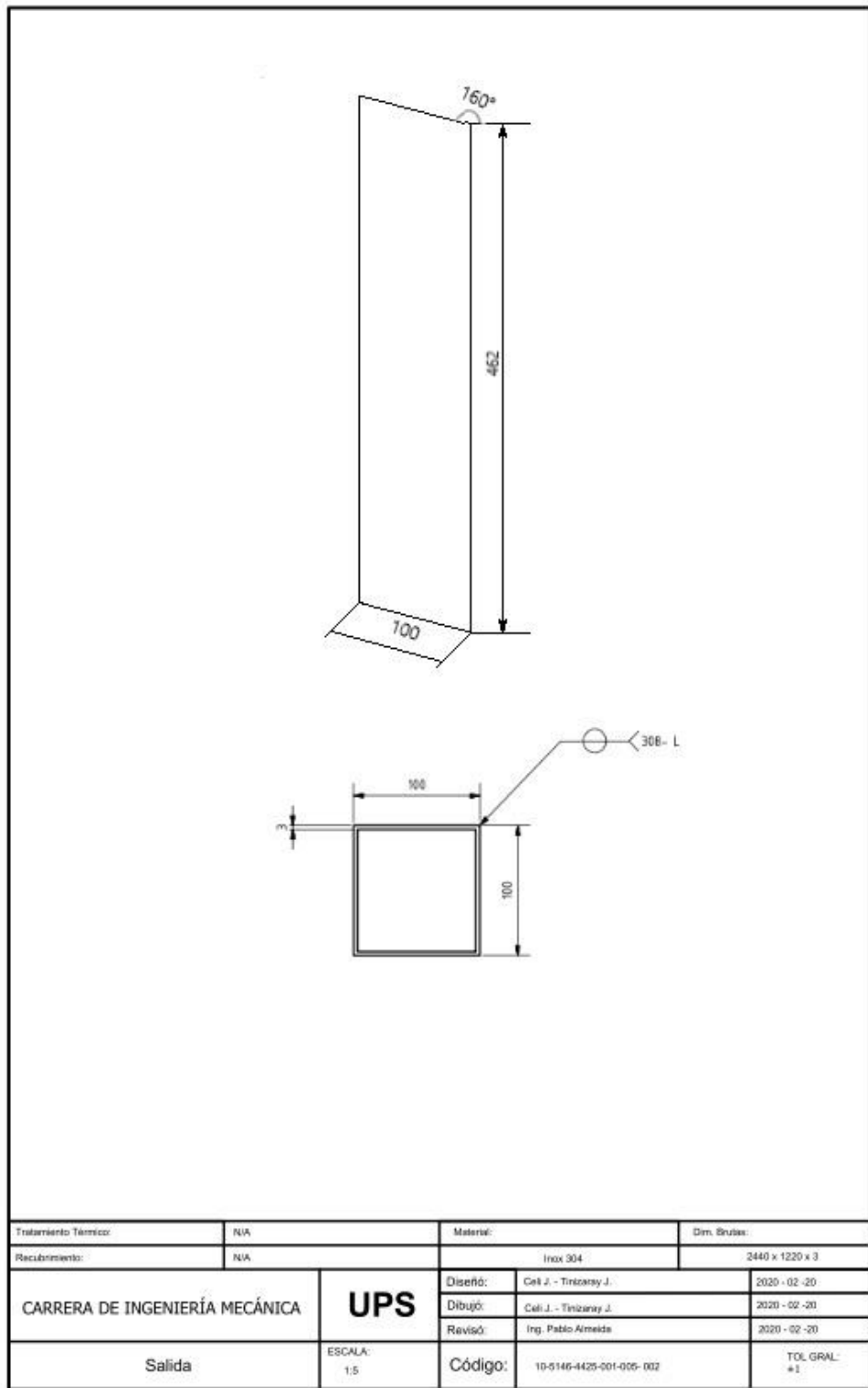




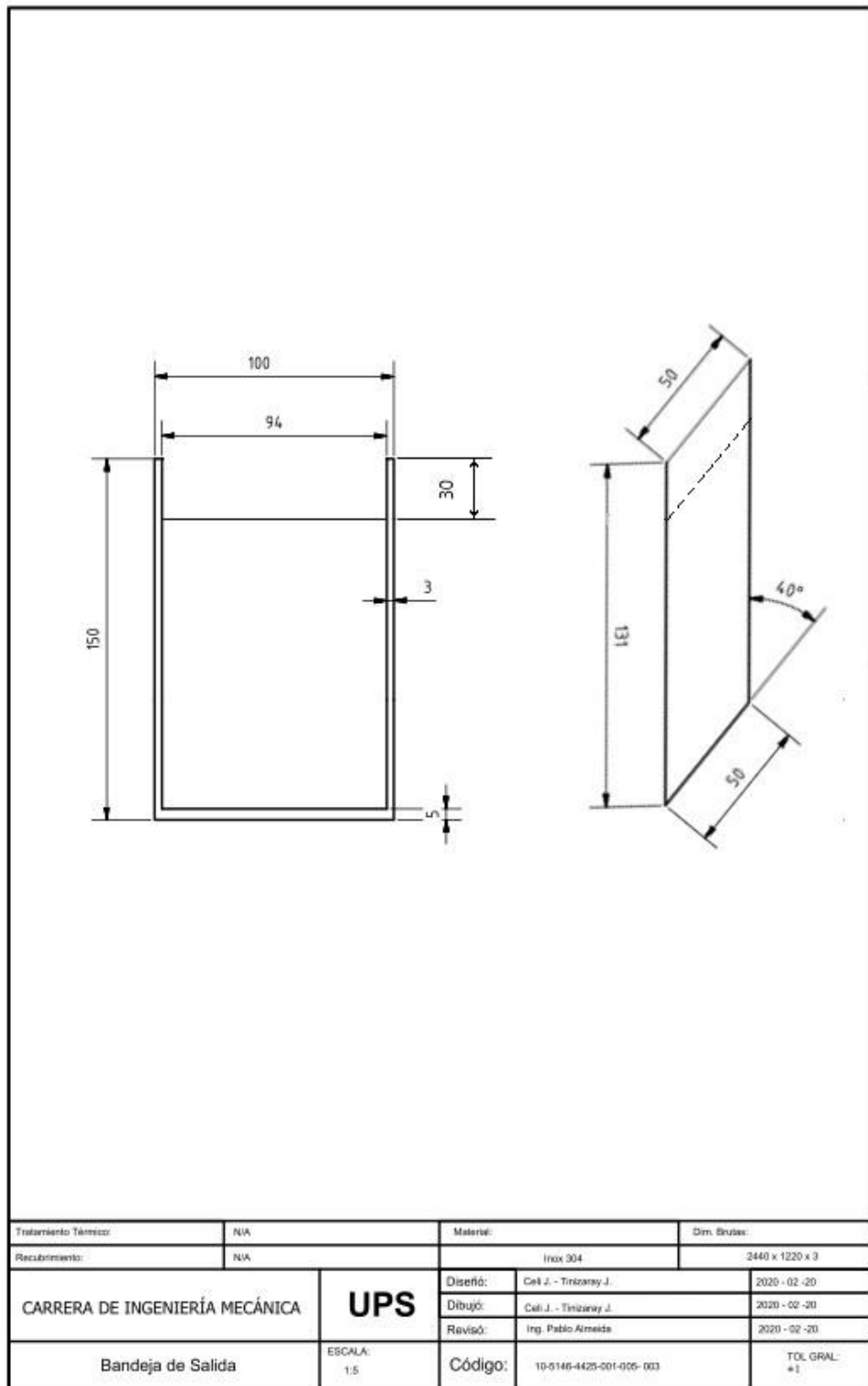
Plano 12: Salidas



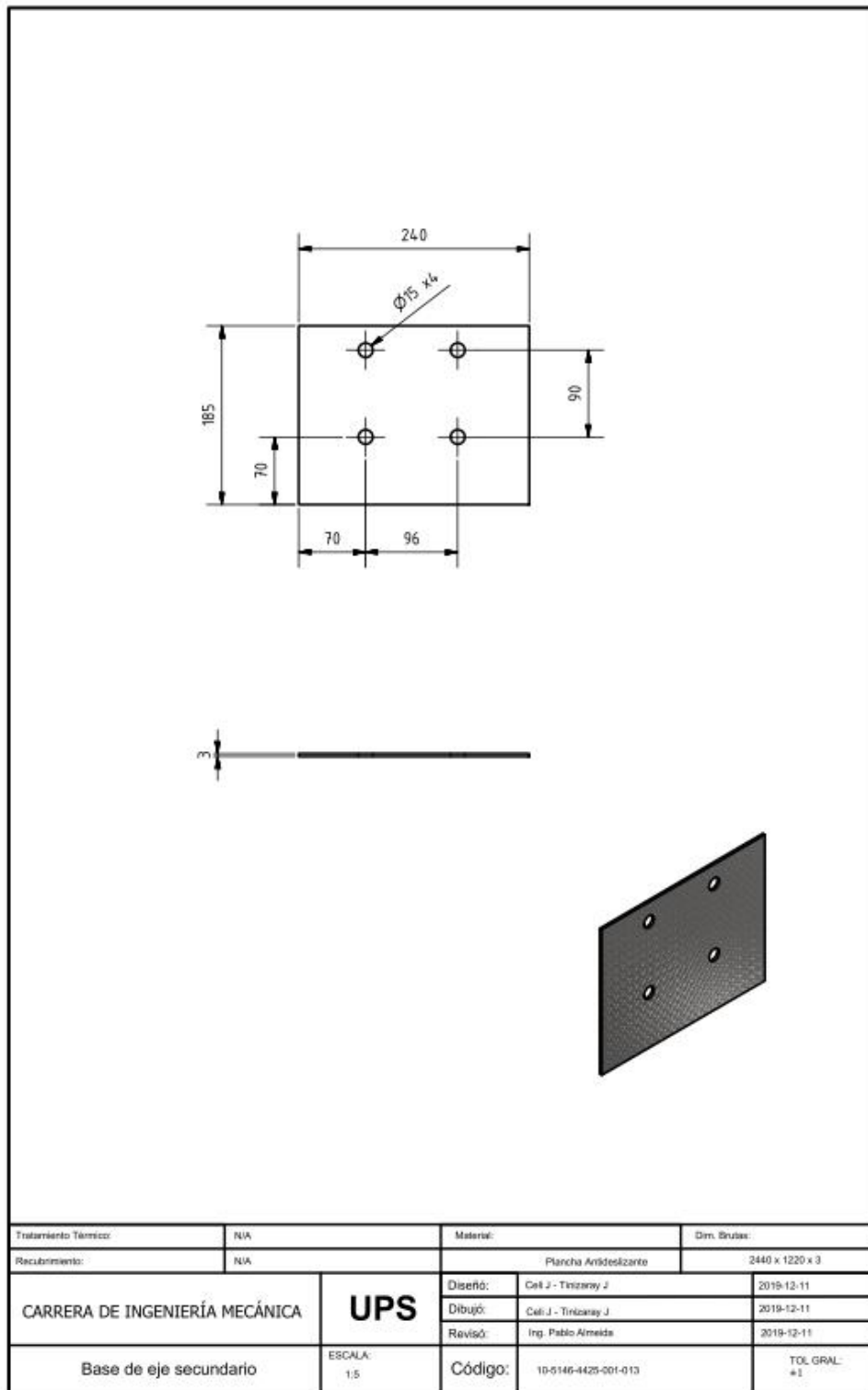
**Plano 13:** Cuerpo de salidas



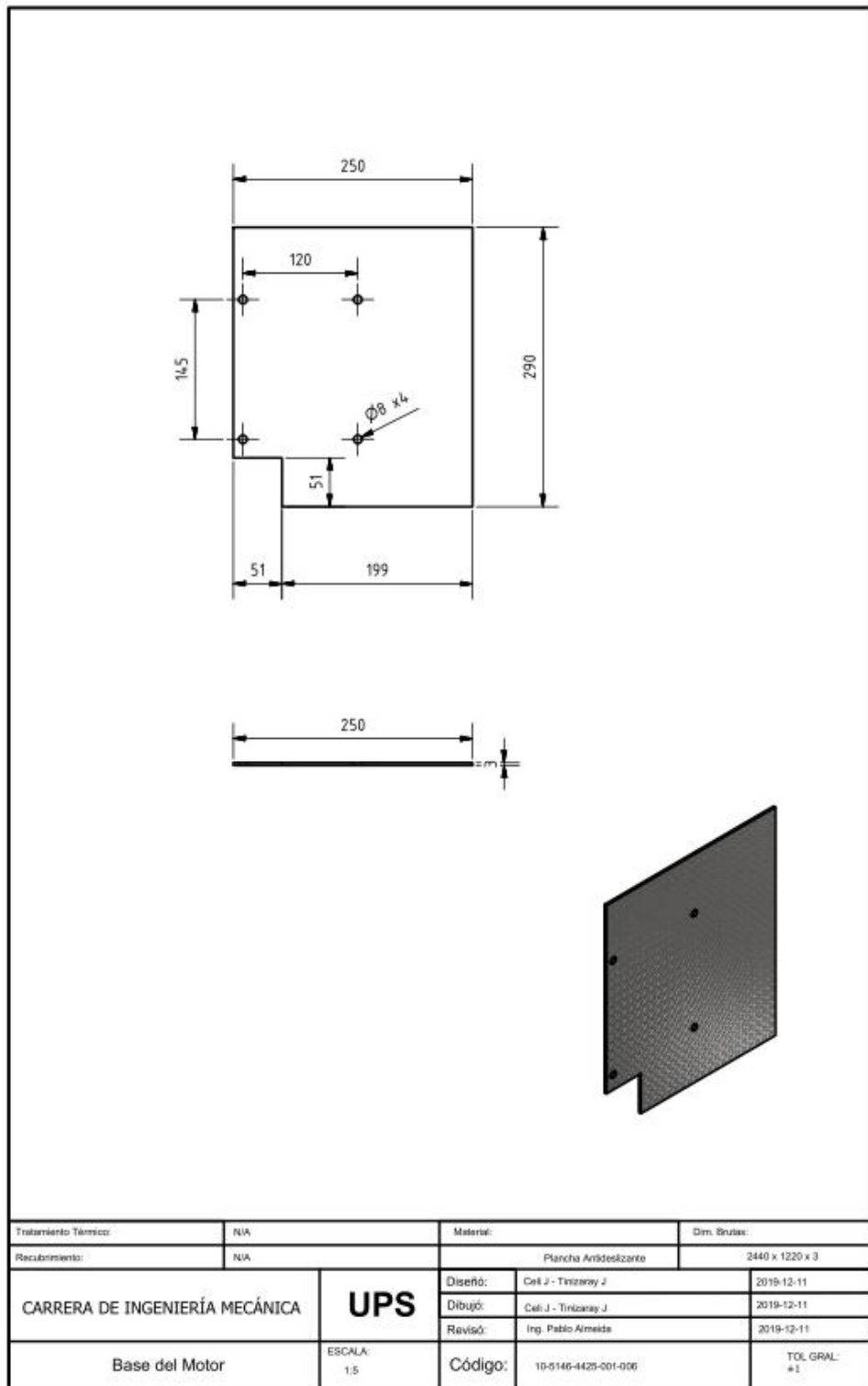
**Plano 14: Salida**



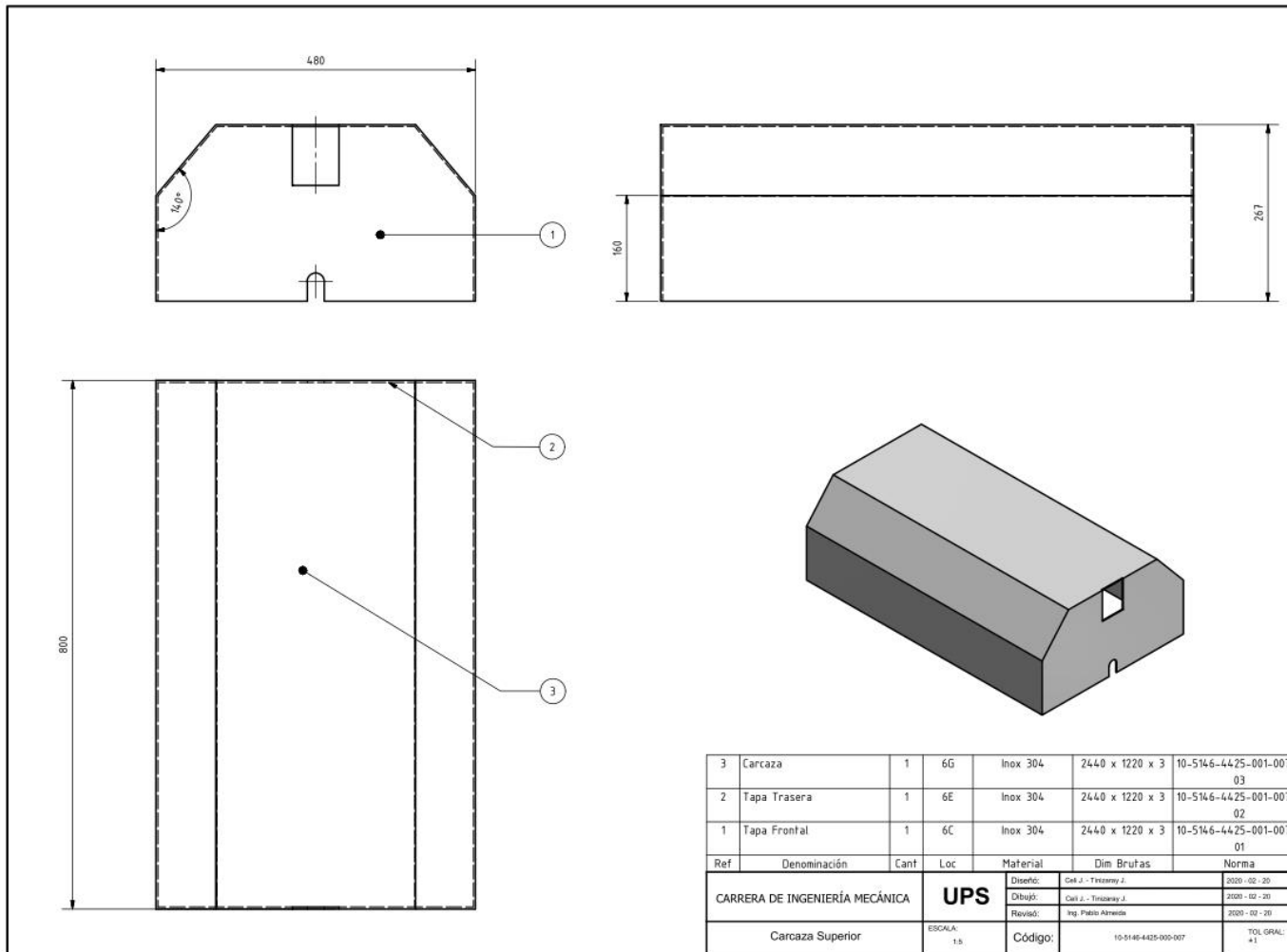
**Plano 15:** Bandeja de salida



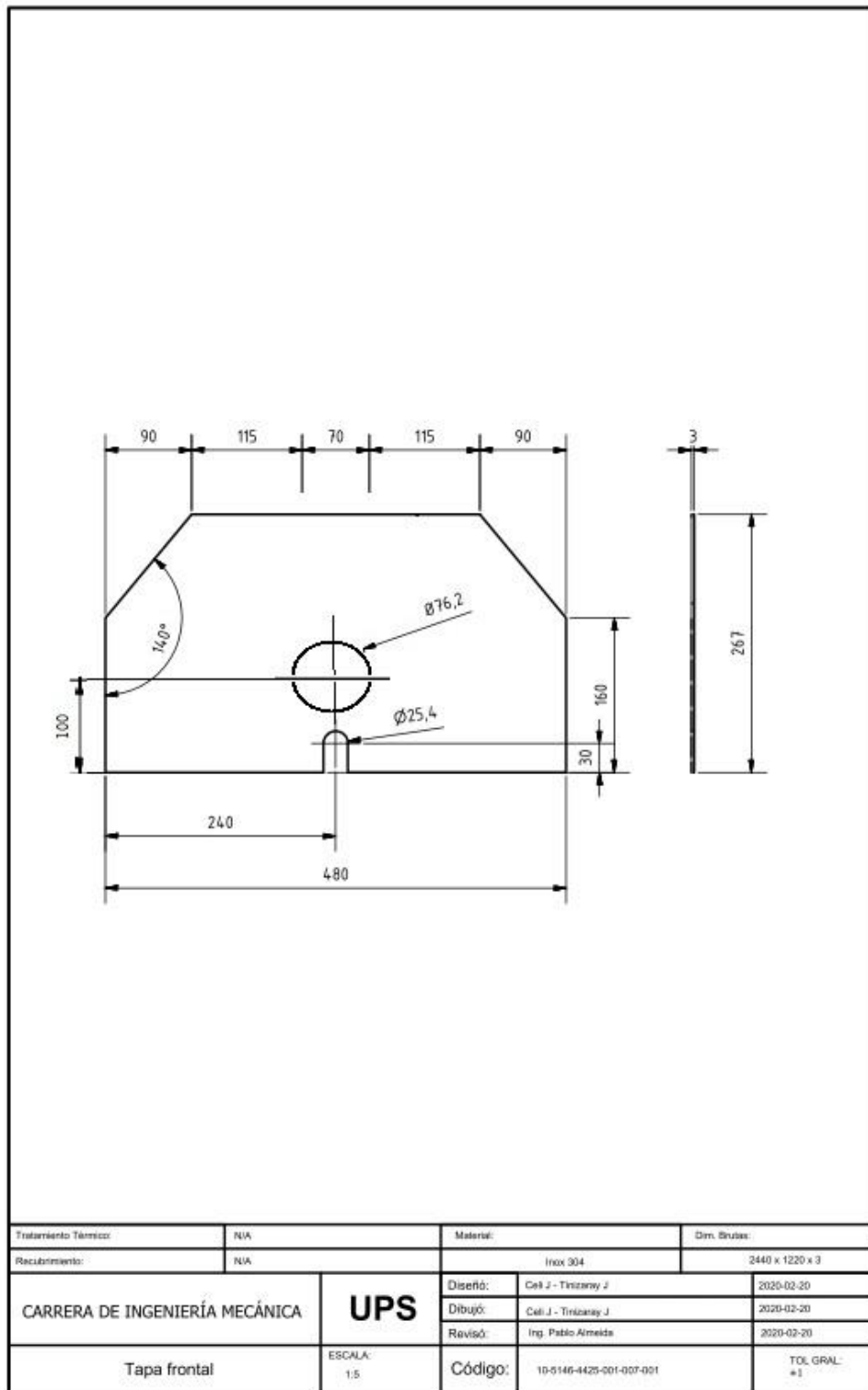
**Plano 16:** Base de eje secundario



**Plano 17:** Base del motor

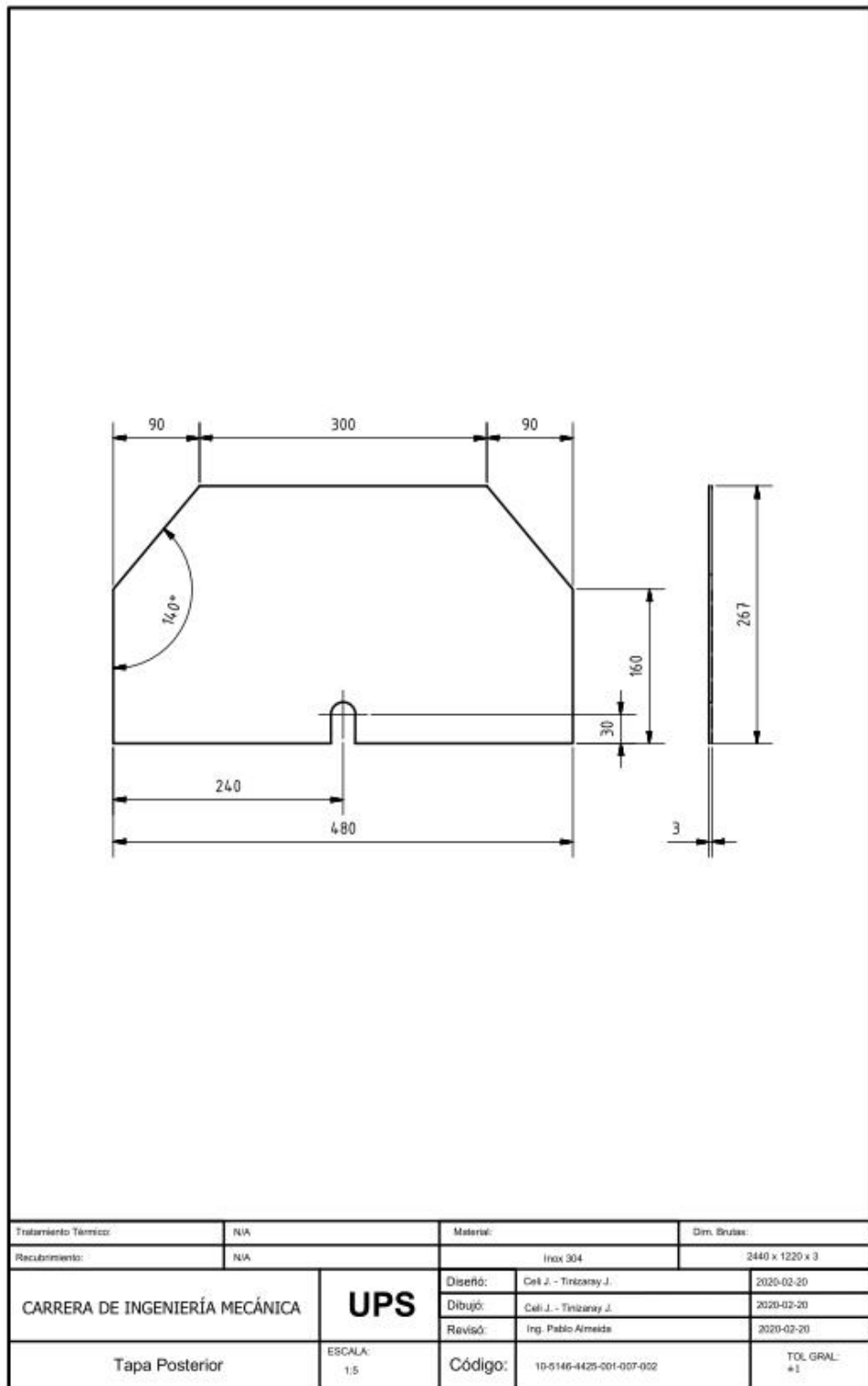


**Plano 18:** Carcasa tapa superior

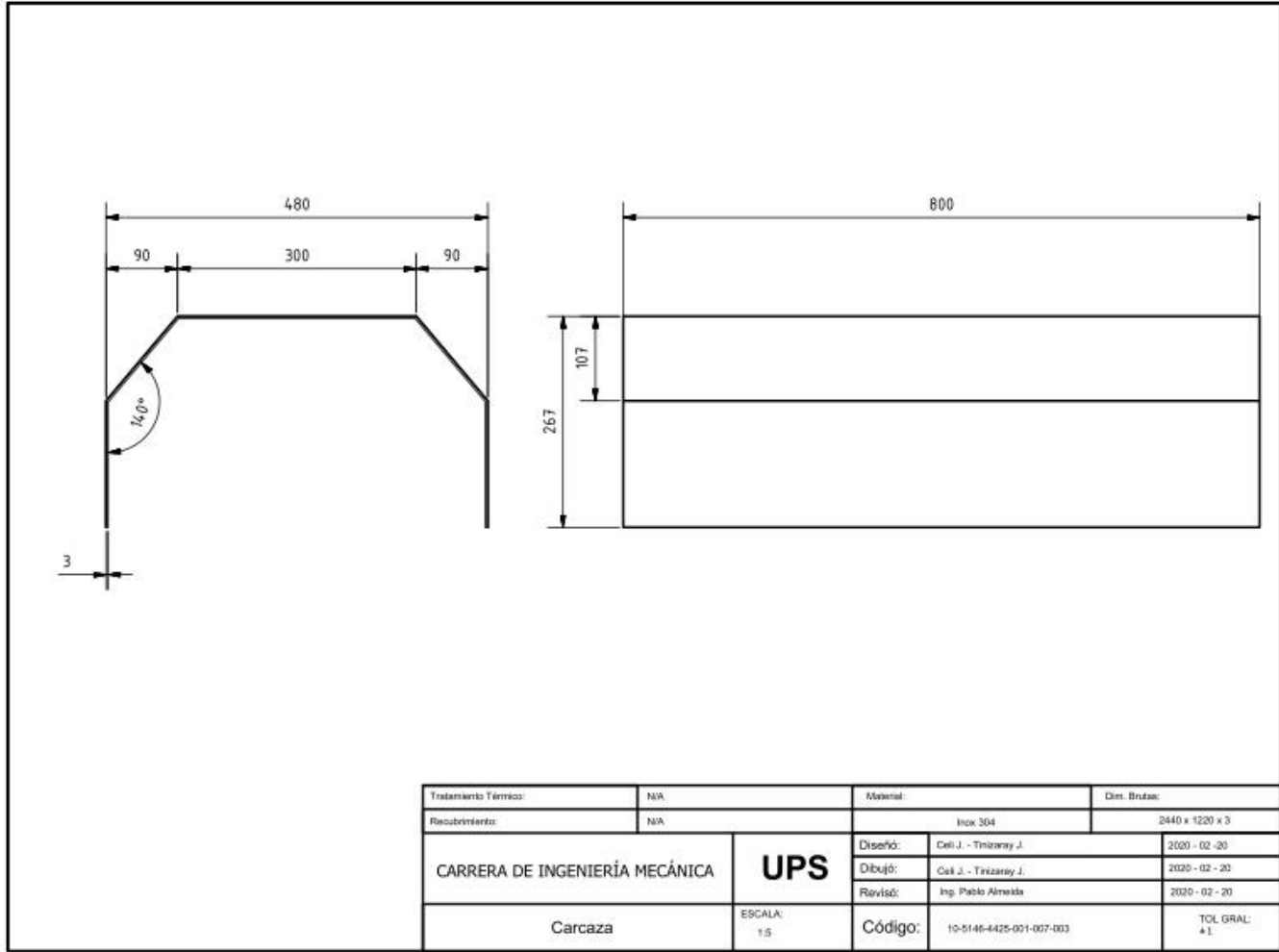


**Plano 19:** Tapa frontal carcasa superior

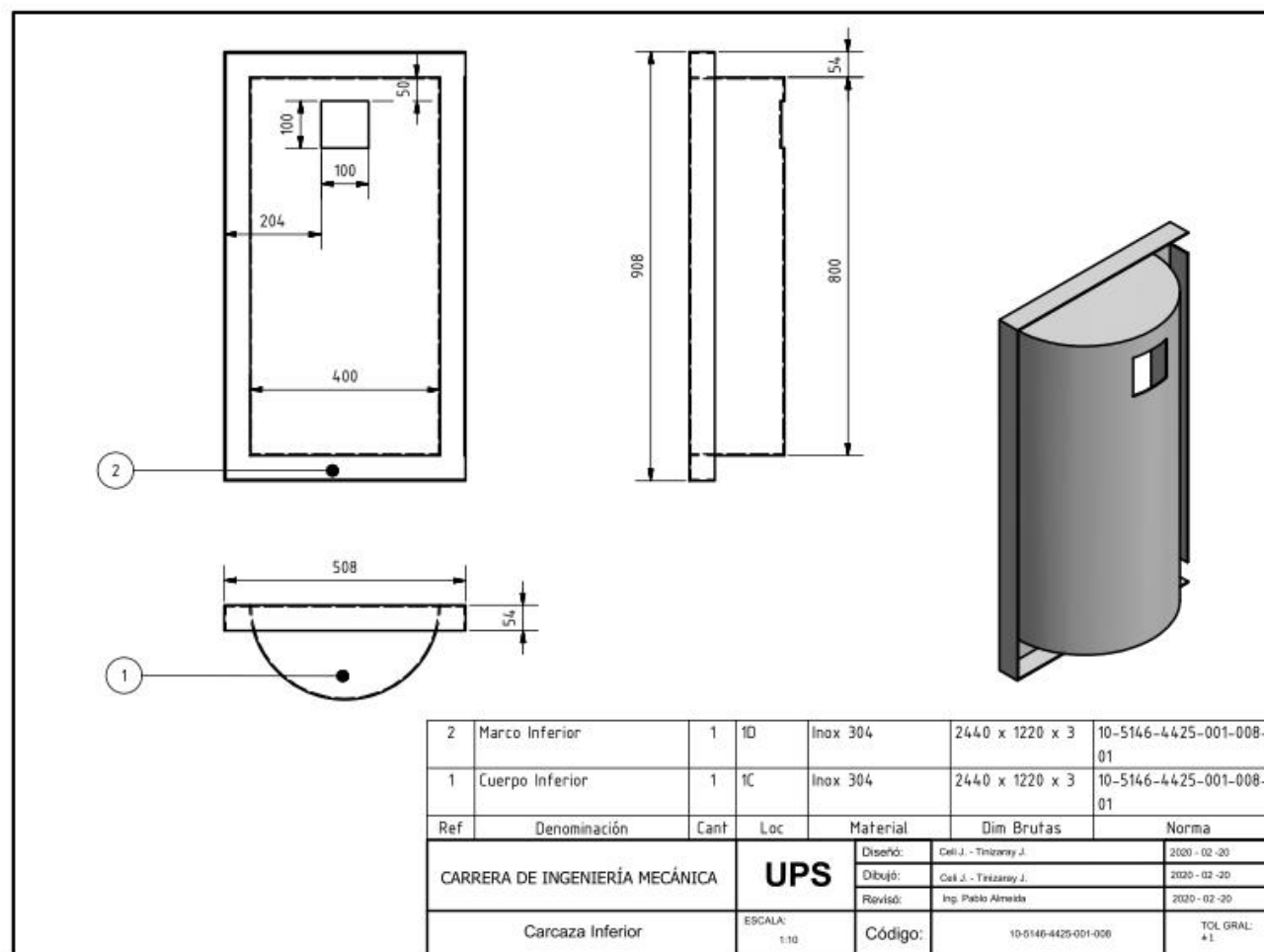




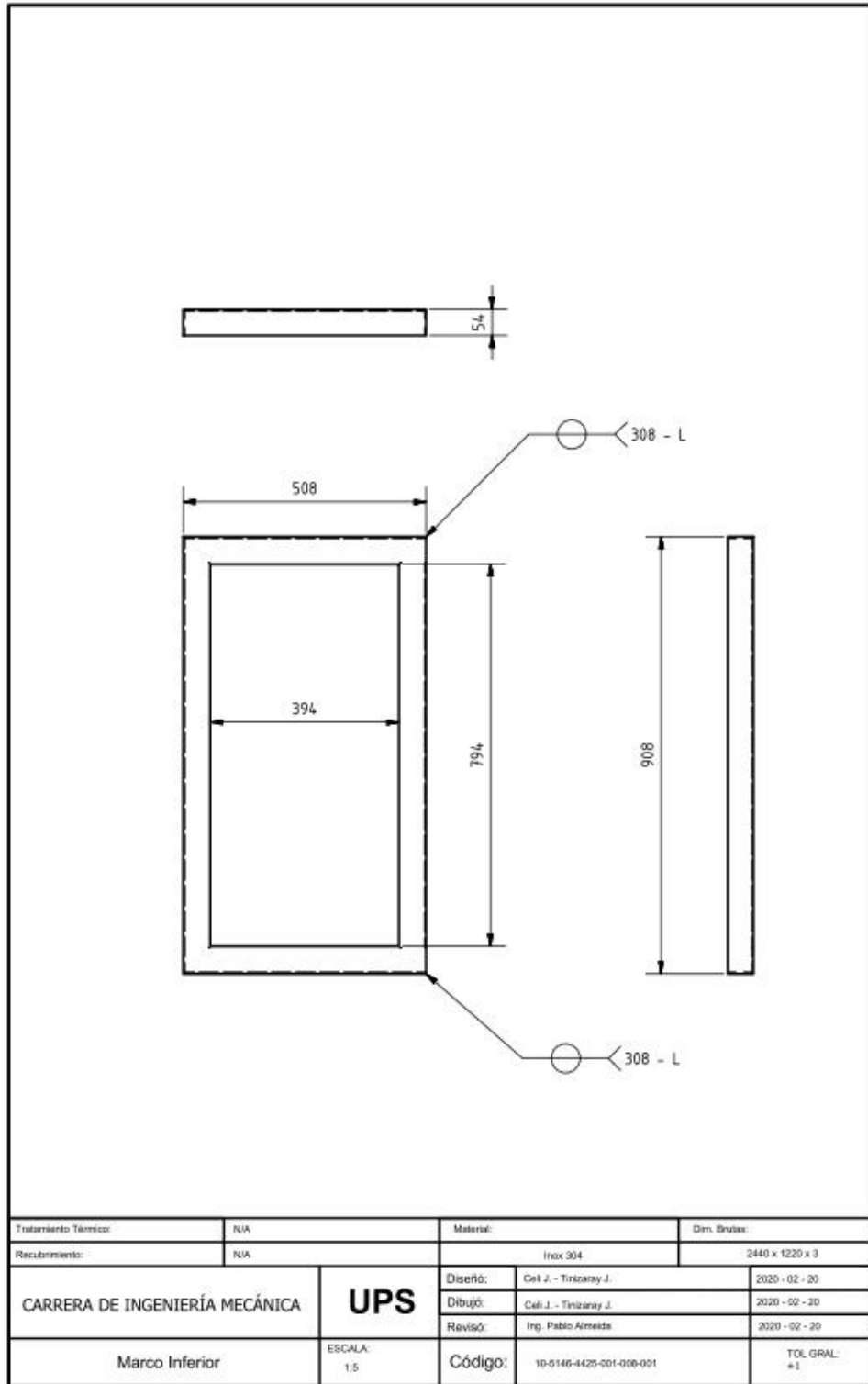
**Plano 20:** Tapa posterior carcasa superior



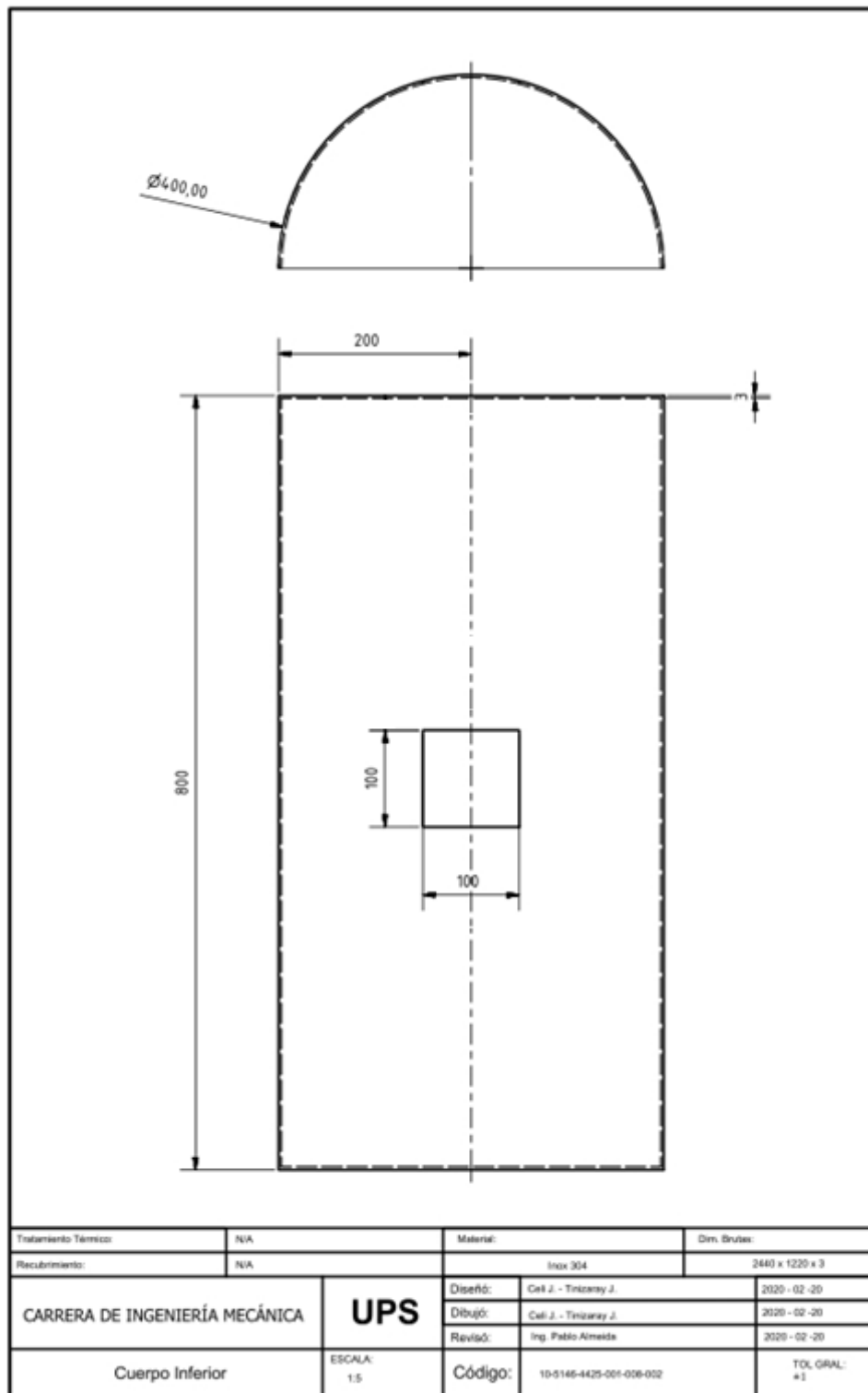
Plano 21: Carcasa superior



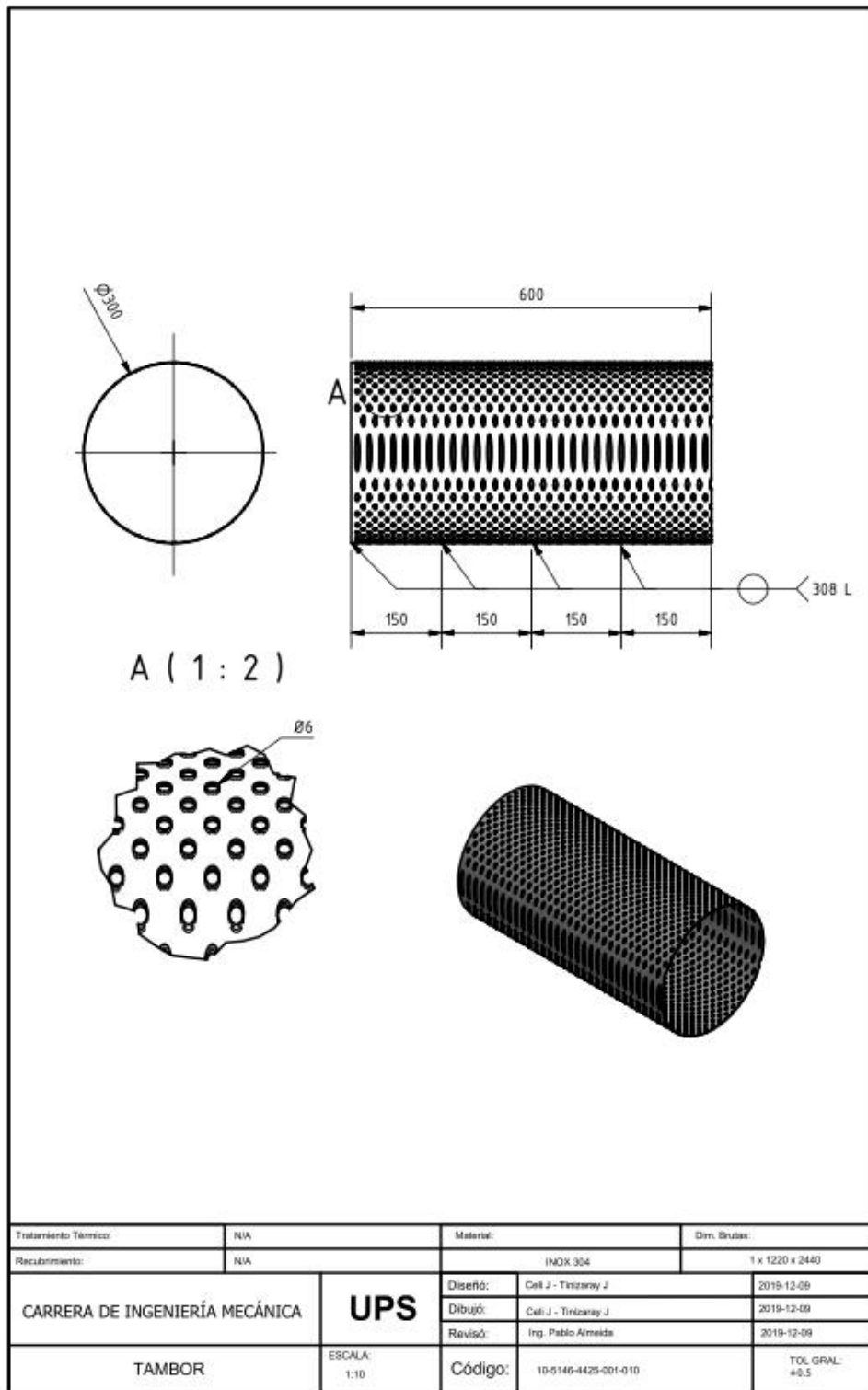
**Plano 22:** Carcasa inferior



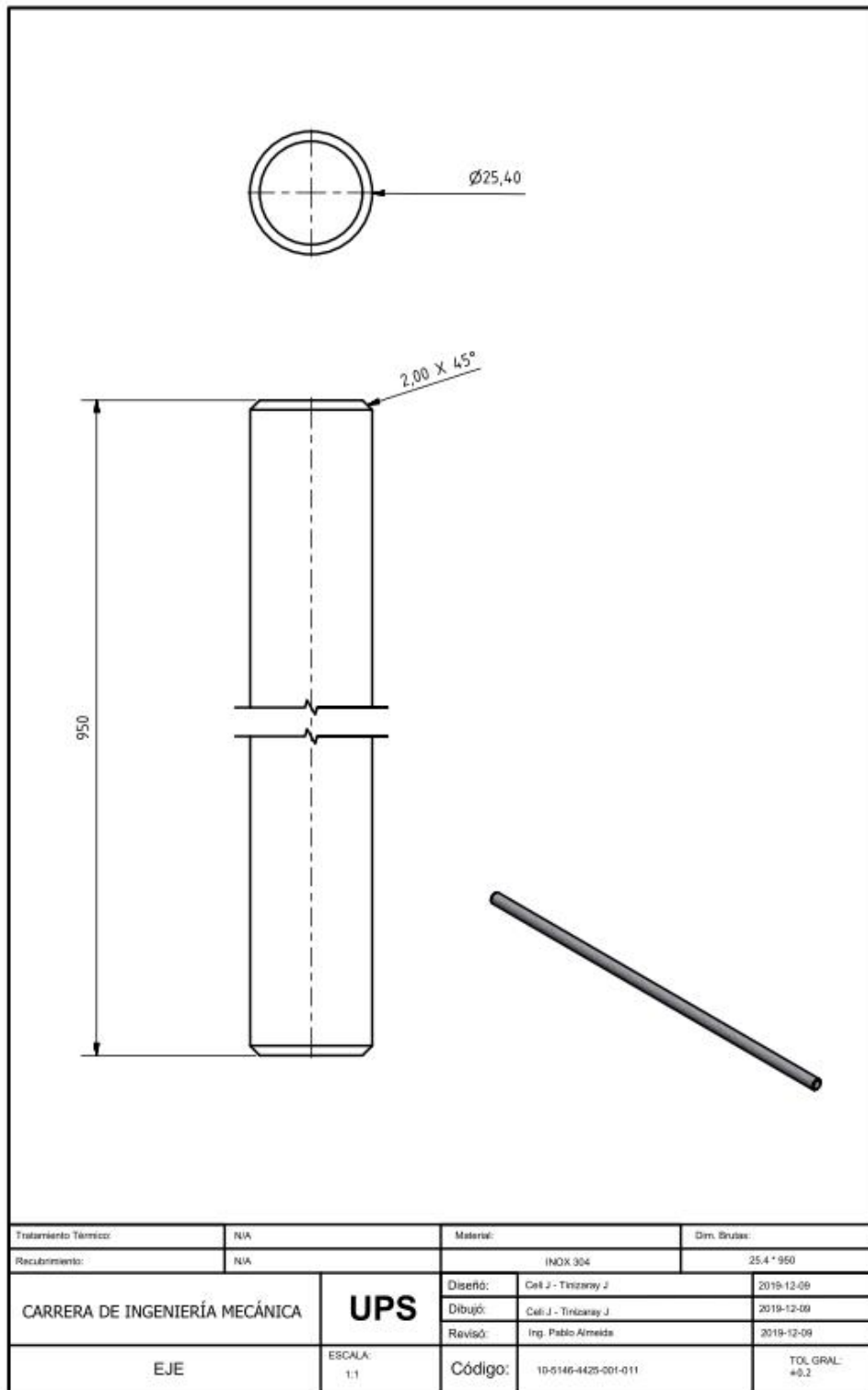
**Plano 23:** Marco de carcasa inferior



**Plano 24:** Cuerpo de carcasa inferior



Plano 25: Tambor



**Plano 26:** Eje principal